

Wille Sirén

Kauko-ohjaimen tukielementin tuotekonseptointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

26.5.2018

Tekijä Otsikko	Wille Sirén Kauko-ohjaimen tukielementin tuotekonseptointi
Sivumäärä Aika	79 sivua + 8 liitettä 26.5.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine	Koneautomaatio
Ohjaajat	Lehtori Pekka Salonen Head of research & development Heikki Järvi
<p>Opinnäytetyön aiheena oli valmiin kauko-ohjain komponentin liittäminen uudenaikaiseen liivikokonaisuuteen, jossa se toimisi ergonomisesti yhdessä liivin kanssa eikä erillisenä osana. Työn lopullisena tavoitteena oli saada aikaan ensimmäinen versio prototyypistä, josta asiakasyritys voisi lähteä kehittämään tuotetta eteenpäin.</p> <p>Työ alkoi tukinivelen konseptivaiheella. Tukinivelellä tarkoitetaan komponenttia, joka liittää kauko-ohjaimen fyysisesti käyttäjän liiviin. Konseptivaiheessa määriteltiin asiakasyrityksen toivomuksia tuotteelle sekä mahdollisia rajoittavia tekijöitä, jotka rajasivat mahdollisia ratkaisuja ja mikä ylipäänsä oli toteutettavissa. Konseptivaiheesta jäi jäljelle kaksi kilpailukyistä konseptia tukinivelestä, joita haluttiin lähteä kehittämään pidemmälle ja samalla vertailla niiden paremmuutta.</p> <p>Kahden konseptin kehityksen jälkeen haluttiin miettiä nopeasti toimiva tukinivel, joka olisi helppo valmistaa. Kaksi konseptia jätettiin kehityksestä sivuun ja keskityttiin yksinkertaistamaan tukiniveltä helposti valmistettavaan muotoon. Näin pystyttiin varaamaan aikaa myös liivikokonaisuuden muille komponenteille. Näin jokaisesta komponentista saataisiin niin sanotusti versio 1.0, josta päästäisiin lähtemään kohti jatkokehitystä ja mahdollisesti kohti lopullista valmista tuotetta.</p>	
Avainsanat	Kauko-ohjain, tukinivel

Author Title	Wille Sirén Development of a Mechanical Support for a Remote Controller
Number of Pages Date	79 pages + 8 appendices 26 May 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Professional Major	Machine Automation
Instructors	Pekka Salonen, Senior Lecturer Heikki Järvi, Head of Research & Development
<p>The objective of the thesis was to ergonomically connect a remote controller to a harness. The final target for the thesis was to design a so-called prototype 1.0, which would work as a further development platform.</p> <p>The project work started with the concept phase for the support element, which will connect the harness and the remote controller together. In the concept phase, the company specified their goals and hopes for this product and possible restricting factors. These factors outlined the boundaries of possible solutions and what was feasible.</p> <p>After the concept phase, there were two concepts of support element left. These concepts were developed further in the hopes of only one concept emerging as more superior than the other.</p> <p>After the development of these two concepts, it was decided to leave them for now and design a quick prototype that was feasible to manufacture cost-effectively. This allowed more time to develop other components needed for the harness. This way the final goal was achieved. In conclusion, the first prototype was created for every component.</p>	
Keywords	Remote controller, Support element

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lähtökohdat	1
3	Konseptit	4
3.1	Kehityskelpoiset konseptit	4
3.2	Konseptien kehitys	10
3.2.1	Ohjaimen kiinnitys	22
4	Prototyypit ja Pro-Cons	25
4.1	Prototyyppi	25
4.2	Pro-Cons	28
5	Proto1.0 ja kehitysideat	28
5.1	Pystynivelen ja Siipinivelen 3D-mallinnus	28
5.2	Säädettävä nivel	38
5.3	Kauko-ohjainkotelo	50
5.4	Valjaat	56
5.4.1	Valmiit komponentit	64
5.5	Yhteenvedo + kehitysideat	67
	Lähteet	70

Liitteet

- Liite 1. Palaverimuistio 1
- Liite 2. Palaverimuistio 2
- Liite 2. Palaverimuistio 3
- Liite 4. Palaverimuistio 4
- Liite 5. Palaverimuistio 5
- Liite 6. Palaverimuistio 6
- Liite 7. Pro-Cons matriisi

1 Johdanto

Tämä insinööri työ käsitteli metsäteollisuudessa käytettävän miehittämättömän ajoneuvon kauko-ohjaimen tukimekanismia. Mekanismin tarkoitus oli antaa käyttäjälle ergonominen kokonaisuus, jota hän kykenisi käyttämään kentällä kokonaisen työpäivän.

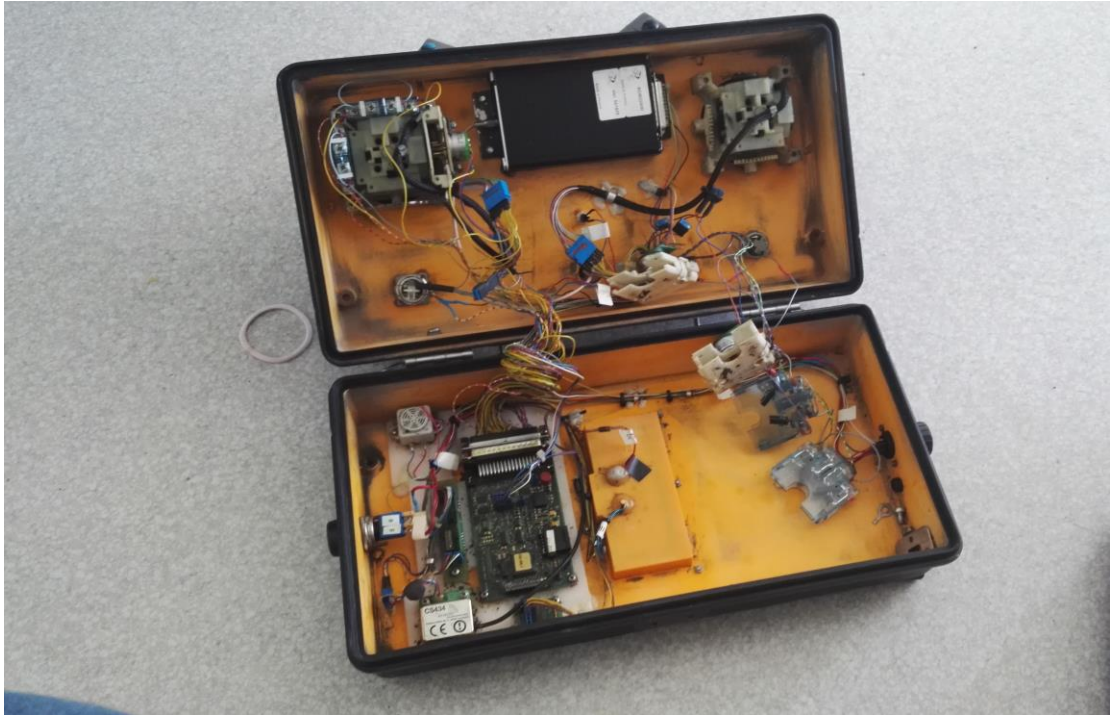
Tukimekanismia oli jonkin verran mietitty asiakasyrityksessä, mutta mitään konkreettista ei ollut saatu aikaan. Työ alkoi puhtaasti konseptisuunnittelulla ja monet ideat, joita työssä esitellään, eivät ole yksityiskohtaisesti läpikäytyjä. Työssä yritetään esittää näiden kaikkien konseptien pääperiaatteet yksinkertaisella tasolla. Lopullinen prototyyppi oli konseptien ja asiakasyritykseltä saatujen kommenttien ja päätösten tulos.

Etenemistapa ja päätöksenteko ehdotetuista ideoista tulivat pääosin asiakasyrityksen edustajilta, ja heidän päätöksensä ja ehdotuksensa ovat listattu opinnäytetyön liitteenä oleviin palaverimuistioihin. (Liite 1 - 7). Työssä ei suurimmaksi osaksi käytetty aineistona tieteellisiä lähteitä, sillä työ perustui pitkälti konseptisuunnitteluun ja kommunikaatioon asiakasyrityksen kanssa. Raportissa on yritetty havainnoida tuotteen ensimmäisiä askelia tuotekehityksessä ja sitä, miten lopulta on päästy ensimmäiseen prototyyppiin.

Raportissa ei ole lähtökohtaisesti käytetty perinteistä ”insinöörikieltä”, sillä ajatuksia ja ideoita, joita raportissa ilmeni ei pystytty kuvaamaan yksiselitteisesti tiettyjen standardiosien nimillä, vaan tekstissä on käytetty vapaampaa kieltä.

2 Lähtökohdat

Asiakasyrityksen käytössä ollut kauko-ohjain on rakenteeltaan pelkistettynä yksinkertainen laatikko(kts kuvat 1 ja 2), joka avataan salkun tavoin salpoilla. Sisällä on selvästi paljon hukkatilaa, joka tuo ylimääräistä turhaa painoa kauko-ohjaimen käyttäjälle, eikä nykyinen laatikkomainen geometria varmasti ole kaikista ergonomisin ratkaisu. Laatikon kantamiseen on käytetty Husqvarna Balance XT-raivausvaljaita. Valjaisiin oltiin integroitu muovilevy käyttäjämukavuuden parantamiseksi.



Kuva 1 Kauko-ohjain kotelo avattuna



Kuva 2 Kauko-ohjain kotelo suljettuna

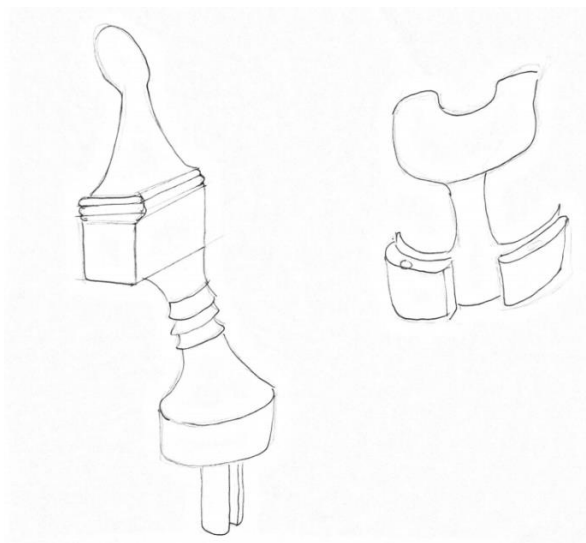
3 Konseptit

Ennen ensimmäistä palaveria valmisteltiin 17 erilaista konseptia mahdollisista toteutustavoista kauko-ohjaimen tukinivelille. Näiden konseptien tarkoitus oli toimia avustavina suunnannäyttäjinä mihin suuntaan on mahdollista mennä tässä toteutuksessa ja suodattaa parhaimmat ja käyttökelpoisimmat ideat massasta.

Alun perin 17:sta esitetystä konseptista 8 hylättiin ja loppuja pidettiin mahdollisesti hyvinä ratkaisuinä tukinivelen toteutukseen. Näiden hyväksytyjen konseptien ajateltiin sisältävän elementtejä, joista voitaisiin pitemmällä aikavälillä suunnitella lopulta toimiva tuote. (Liite 1).

Seuraavassa kappaleessa on kerrottu lyhyesti hyväksytyjen konseptien toimintaperiaate. Loput nivelehdotukset löytyvät liitteistä. (liite 9).

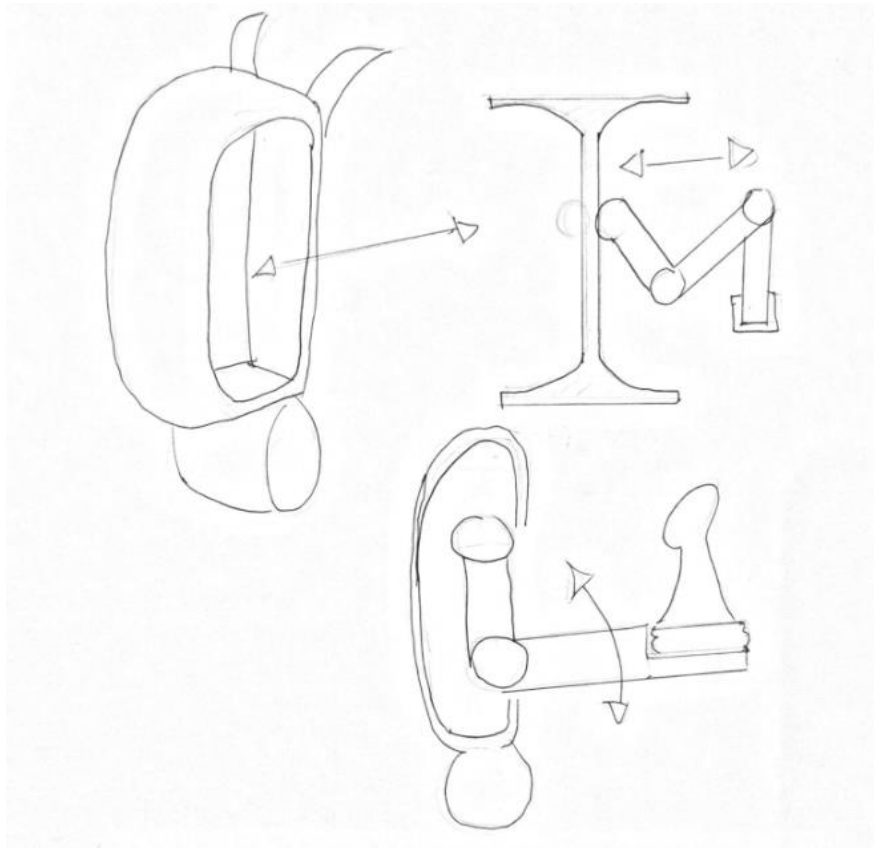
3.1 Kehityskelpoiset konseptit



Kuva 5: ”Tappi” konsepti. Alhaalla näkyvä tappi on liitetty kiinteästi kauko-ohjaimen alakantaan. Oikealla näkyy ohjainliivin hahmotus sekä ”laatikot” joihin tappi kiinnitettäisiin.

”Tappi” (kuva 5) konsepti toimii sillä periaatteella, että kauko-ohjain kotelon alapäässä on nimensä mukaan tappi, johon on työstetty kiilaura lukitusta varten. Tämä tappi työnnettäisiin lantion tasalla sijaitsevaan vastakappaleeseen, johon ohjain asettuisi tukevasti

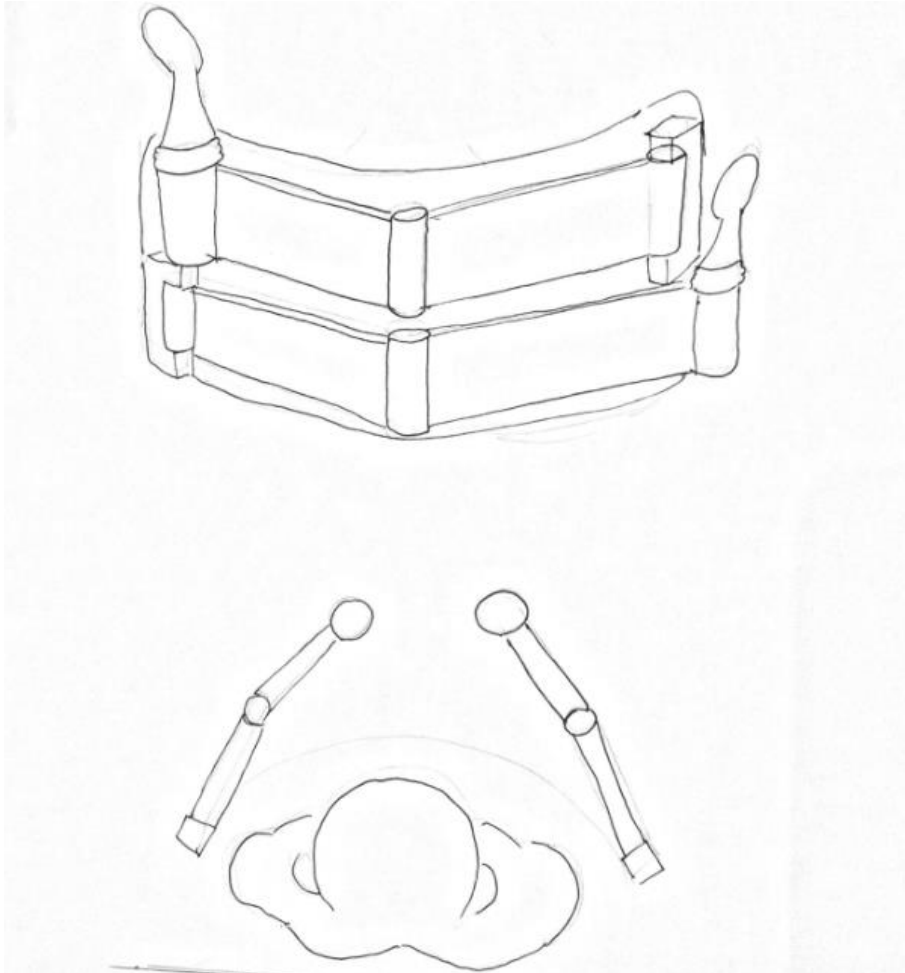
paikalleen. Konseptin etuina oli selvästi rakenteen yksinkertaisuus. Monimutkaisille tukinivelille ei ole tarvetta ja irrotettava rakenne antaa monia mahdollisuuksia ohjaimen sijoittamiselle, kun ohjaimia ei tarvitse. Konsepti sai selvästi suurimmat huomiot sen uudenlaisen ajattelun myötä. Ajateltiin, että tämä idea ratkaisi ongelmat, jotka kehkeytyvät monimutkaisten tukinivelten suunnittelussa ja pystyttäisiin rakentamaan mahdollisimman yksinkertainen ratkaisu.



Kuva 6: "Reppu"

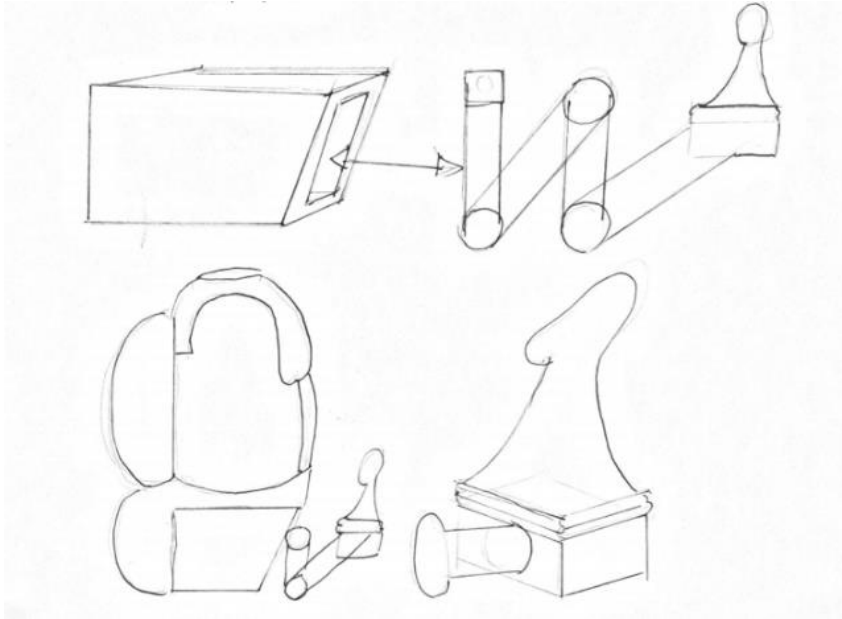
"Reppu" (kuva 6) konseptin tarkoitus on mahdollistaa tukinivelen piilottaminen ei käyttötilanteessa mahdollisimman tiiviiseen tilaan ja pois käyttäjän tieltä. Käyttöasennosta nivelen siirtäminen ei-käyttöasentoon tapahtuisi kauko-ohjaimesta vetämällä niveltä ylöspäin jolloin se liikkuu lukijaan päin olevan akselin ympäri pystysuoraan asentoon. Tässä tilanteessa nivelpaketin voi työntää haitari-tyylisesti kasaan "Repun" sisään. Positiivisia puolia konseptille ensisilmäyksenä havaittiin sen mahdollinen kompaktius ja mahdollisuus saada monimutkainen tukinivel helposti piiloon. Tässä ilmeni negatiivisia puolia me-

kanismin tarvittavan monimutkaisuuden vuoksi. Jos koko nivelen tukipiste on selän puolella, aiheuttaa se suuren momentin tukinivelen päätyyn käyttöasennossa, mikä asettaa isoja vaatimuksia rakenteen kestävyydelle.



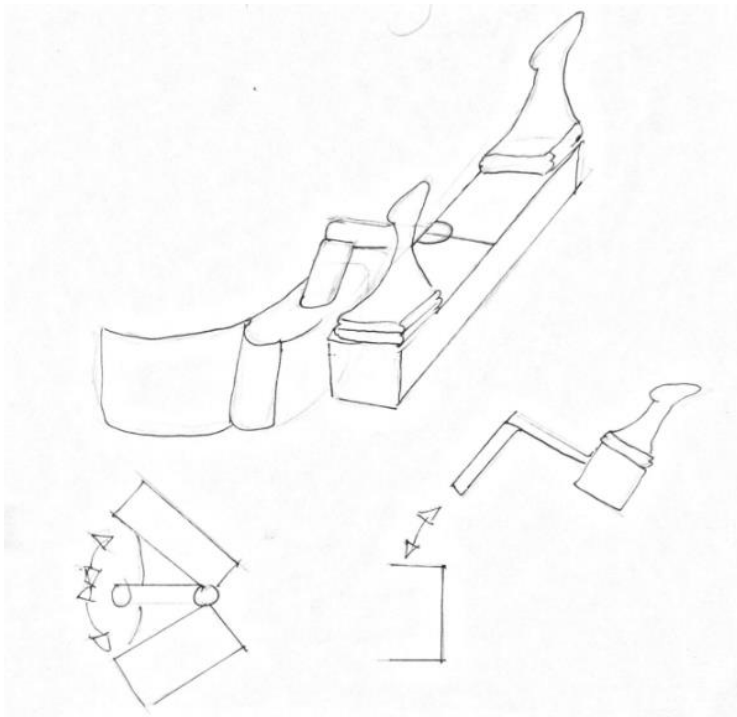
Kuva 7: "Vyö" konsepti.

"Vyö" (kuva 7). Konseptissa nivelten tukipisteet on sijoitettu käyttäjän lantiolle ja ei-käyttöasennossa nivel myötäilee vatsan kaarevuutta. Nivelet on asetettu eri korkeudelle, että niveleen saadaan mahdollisimman paljon pituutta. Etuna rakennelmalle on yksinkertainen rakenne, joka on helppo toteuttaa varsinkin mekanismin kestävyuden kannalta. Suurena miinuksena on tukipisteiden limittäisyys, joka aiheuttaa käyttäjälle varmasti epämukavuutta käyttötilanteessa.



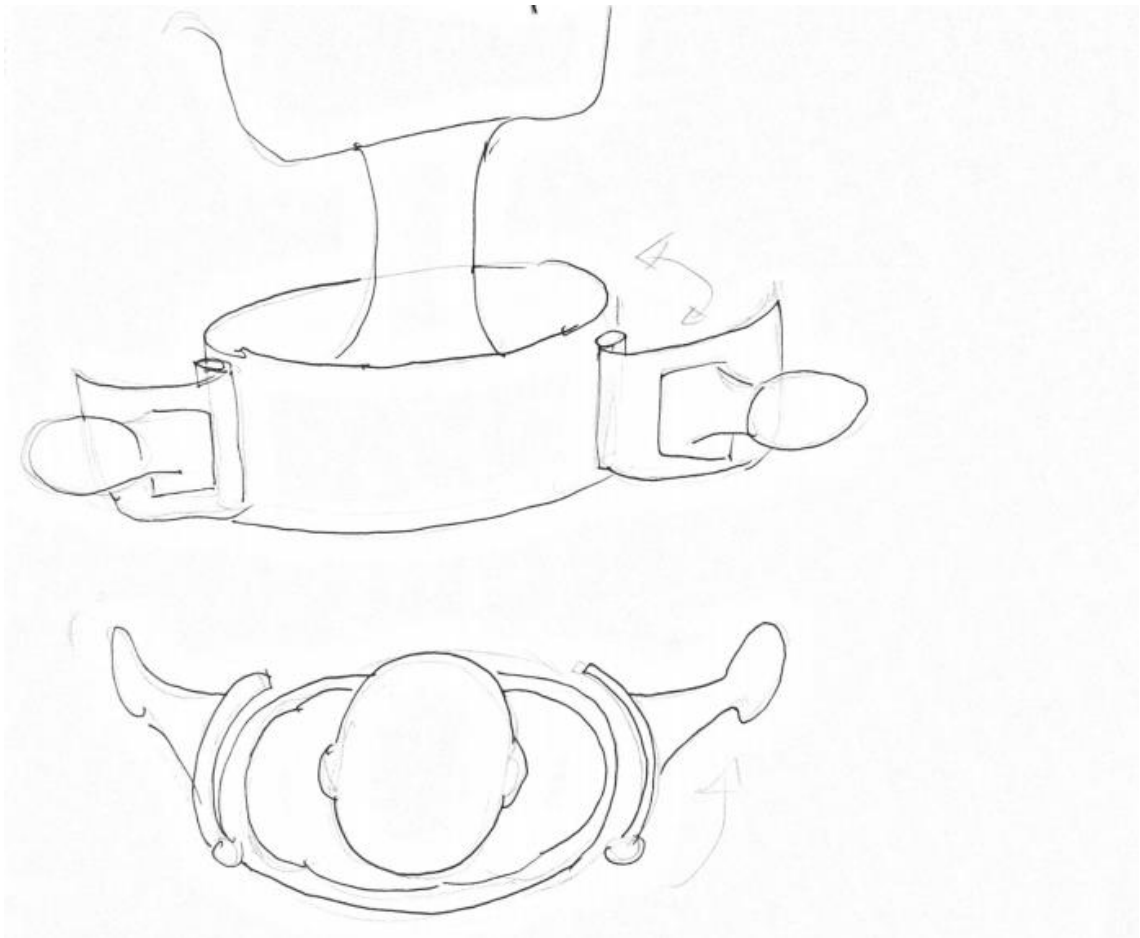
Kuva 8: "Paketti" konsepti.

"Paketti" (kuva 8) .Konseptin periaate imitoi pitkälti "Reppu"-konseptia, mutta itse nivelen on ajateltu lähtevät suoraan lantiolta, josta mekanismi avautuisi haitarimaisesti käyttäjän eteen. Nivel voitaisiin painaa kasaan mahdollisesti ohjainkotelossa sijaitsevan kahvan aavulla.



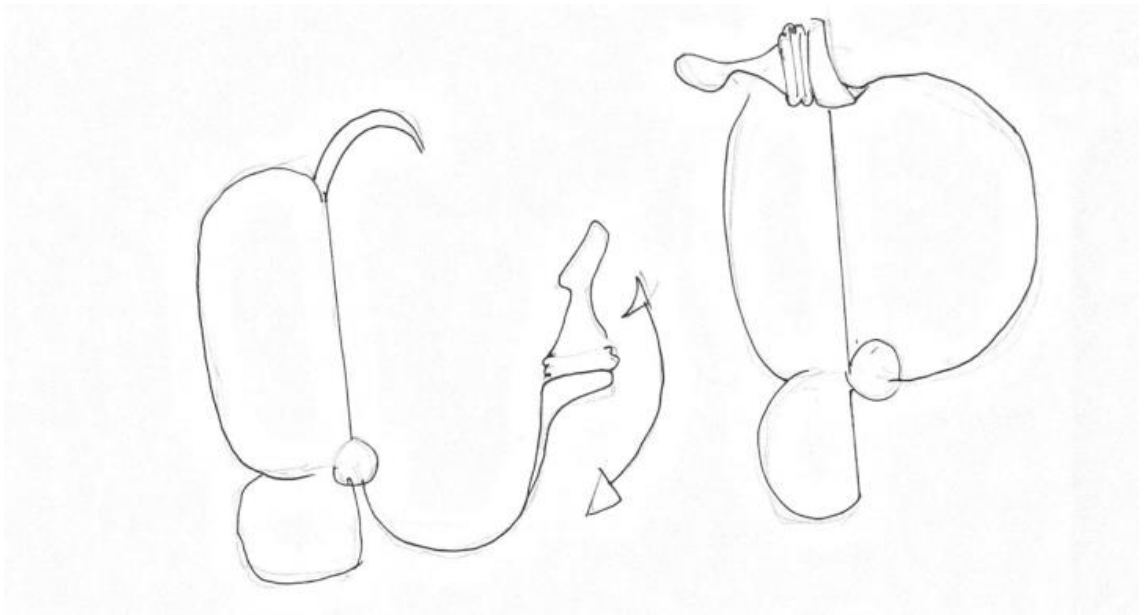
Kuva 9 "T-ohjain" konsepti-

”T-ohjain” (kuva 9). Konseptissa yritettiin eliminoida ongelma, joka havaittiin mahdolliseksi ”Tappi” konseptissa. Riittääkö ohjaimelle tilaa kääntyä, kun se liitetään vatsan lähelle. Tässä konseptissa kokonaisuus rakentuisi niin sanotusta kauko-ohjainalustasta, jonne molemmat ohjaimet asetetaan. Alustasta lähtisi kiinteä kiinnitystanko, joka työnnettäisiin ”Tappi” konseptin tapaan käyttäjän lantiolla olevaan vastakappaleeseen. Tangon L-muoto antaisi ohjaimelle tarvittavaa etäisyyttä käyttäjän vatsasta, niin että ohjaimen kaikki vapausasteet olisivat käytettävissä. Ohjainalusta pystyisi taittumaan mahdollisesti kahteen osaan tilan säästämiseksi, kun ohjainta säilytetään.



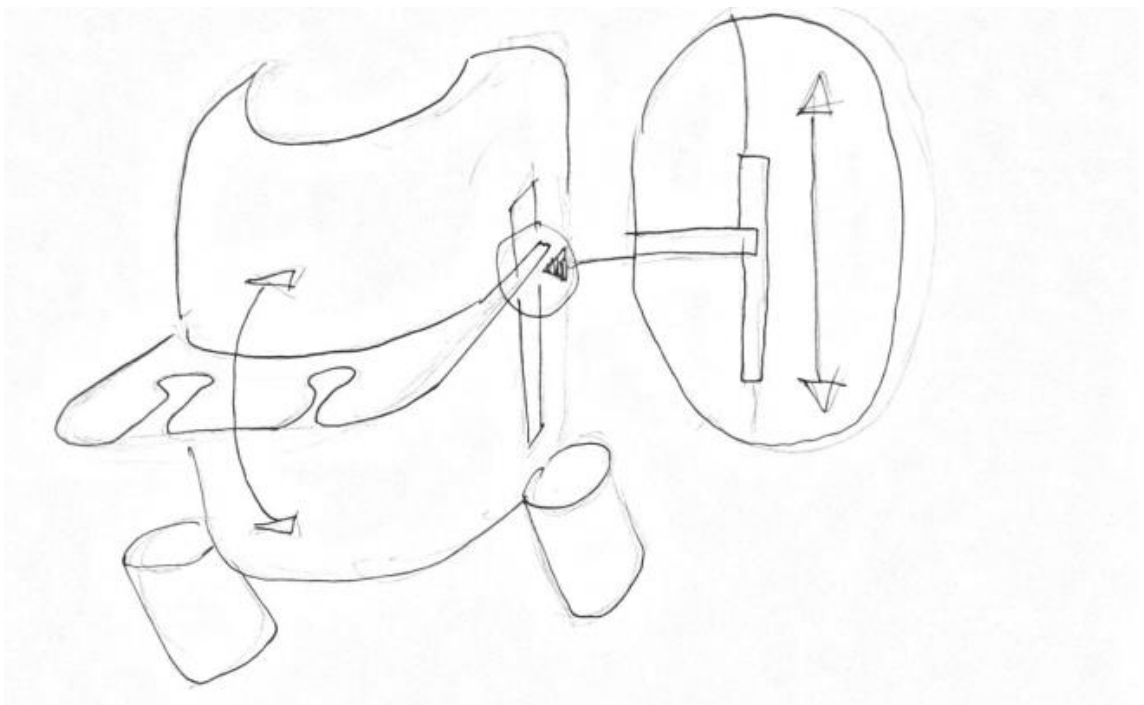
Kuva 10 ”Siipi” konsepti

”Siipi” (kuva 10). Konseptissa haettiin mahdollisimman pientä mekanismia, jota on kumminkin mahdollista säätää omiin mittoihinsa. Siipinivelessä nivelen varsi on kiinteä kaari, joka myötäilee vyötäröä. Varren toiseen puoleen on kiinnitetty ohjain. Nivel kääntyy pystyakselinsa ympäri, jolloin ohjain voidaan tuoda esiin käytettäväksi tai taittaa takaisin kiinni käyttäjän vyötäröön. Miinuksena konseptista voidaan huomata, että varren liikerata tuskin tulee olemaan riittävä, jotta se saisi tarpeeksi etäisyyttä käyttäjästä.



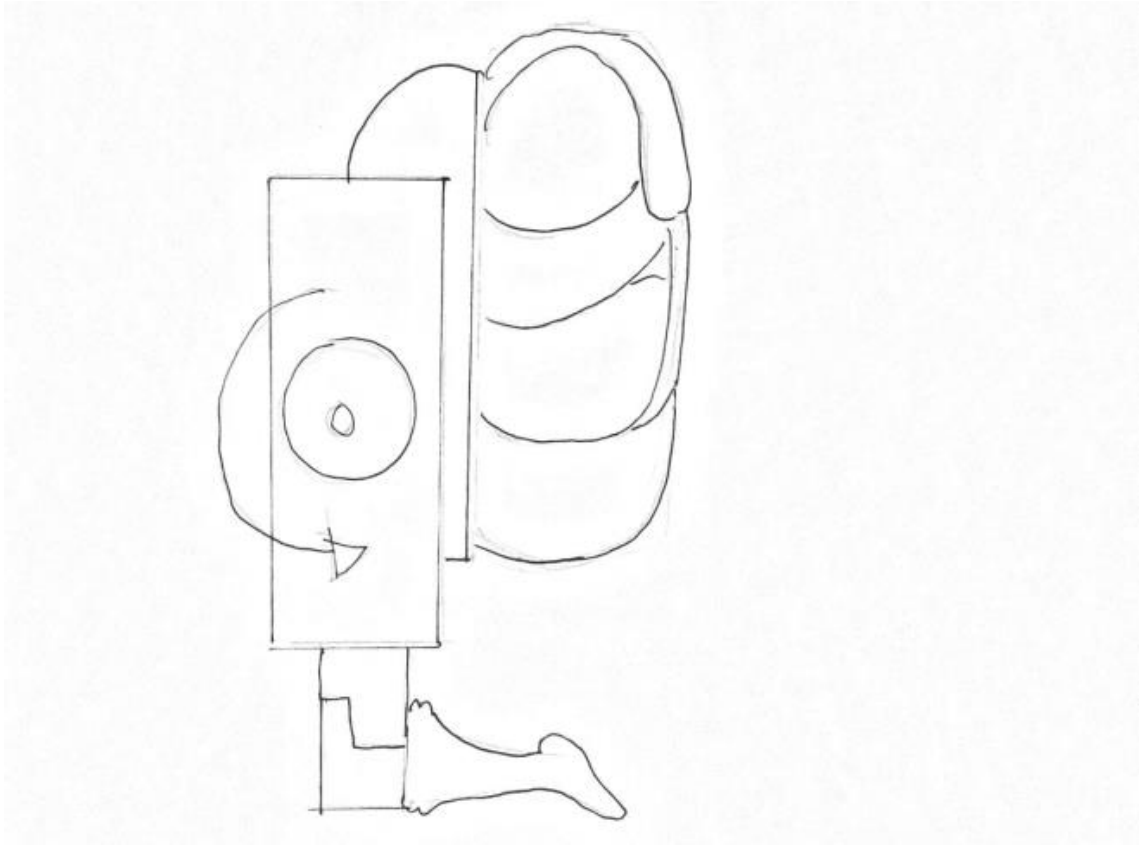
Kuva 11 "Kaari" konsepti.

"Kaari" (kuva 11). Konseptissa nivelen varsi on kiinteä kaari, joka taittuu käyttäjän olalle. Imitoiden repun olkainta ei-käyttöasennossa.



Kuva 12 "Tarjotin" konsepti

”Tarjotin” (kuva 12). Konseptissa käytettiin hyödyksi ideaa, jossa ohjainkotelon alapuolella olisi tappi kiinnitykseen. Tätä ideaa lainaten ajateltiin, että käyttäjällä olisi aina päällä alusta, joka tarvittaessa taitettaisiin esiin vaakatasoon tarjottimen tapaan. Alustassa olisi kolot, joihin ohjain laitettaisiin lepäämään ja kiristettäisiin tukevasti kiinni sopivalla kiristyslementillä.



Kuva 13 ”Keinu” konsepti

”Keinu” (Kuva 13). Konseptin ideana oli, että varsi saataisiin selän taakse piiloon ja se pystytettäisiin taittamaan käyttäjän eteen mahdollisimman yksinkertaisesti. Konseptissa yritettiin yksinkertaistaa ”Reppu” ja ”Paketti” ja antaa vaihtoehto yksinkertaisemmasta toteutuksesta.

3.2 Konseptien kehitys

Alkuperäisen konseptimäärän rajaamisen jälkeen jäljellä olevia haluttiin viedä eteenpäin pääasiassa siihen suuntaan, että ”Tappi”-konsepti olisi jollain tavalla esillä ratkaisussa

(liite 1). Tarkoituksena oli saada kokonaisuus, joka oli yksinkertainen ja helposti poistettava. Irrotettava kauko-ohjain toi paljon mahdollisuuksia. Toiveena oli mahdollisesti kokonaan ongelmaksi syntyneen kompleksin nivelen poistaminen, ja ajateltiin ”Tappi”-konseptin olevan ratkaisu tähän ongelmaan.

Irrallinen kauko-ohjain toi mahdollisuuden miettiä mahdollisesti kokonaan uusia sähköistysmenetelmiä, jotka eivät olleet tavallisten kiinteiden kaapeleiden varassa, vaan mietittiin mahdollisuutta, että sähköt kytkeytyisivät päälle ohjaimen lukituksessa paikalleen. Nämä asiat kumminkin jätettiin jatkokehitystä varten, eikä niitä käsitellä tässä opinnäytetyössä. Projektissa jatkettiin, sillä ajatuksella, että johdot olisivat kiinteästi ohjaimissa kiinni, jotka liitettäisiin liitospisteisiinsä ohjaimen paikalleen lukitsemisen jälkeen.

Jotta mahdollisten konseptien kehitys ja niiden rajoitteiden huomaaminen ja havainnointi helpottuisi, asiakasyritykseltä saatiin uuden kauko-ohjaimmallin piirustukset (Liite 1, kts kuva 1), josta ilmeni tulevan ohjaimen mitat. Näiden mittojen avulla pystyttiin helposti selvittämään, minkälaista tilaa ohjain lopulta tulisi tarvitsemaan. Sen jälkeen pystyttäisiin tarkemmin miettimään ja vertaamaan konsepteja, minkälainen rakenne on kannattavampaa ja mikä ei.

Mittojen perusteella tulevasta kauko-ohjaimesta rakennettiin mock-up malli (kts kuvat 26-29), jonka avulla pystyttiin tutkailemaan fyysisesti tulevan kauko-ohjaimen kokoa ja kuinka paljon isompi se oli vanhaan ohjaimeen verrattuna.

Huomattiin, että ”Tappi”-konsepti itsessään ei olisi toimiva, sillä uuden kauko-ohjaimen liikeradat ovat niin suuria, että se ei pystyisi kääntymään joka suuntaan, jos sen sijoittaisi lähelle vyötäröä (liite 2). Ohjain tarvitsisi noin 169 mm vapaata tilaa taakseen, jotta se pystyisi taittumaan vapaasti. 169 mm pitkä möykky lantiolta tulisi olemaan huomattavasti liian suuri ollakseen kannattava edes harkita sopivaksi ratkaisuksi. ”Tappi” ratkaisu silti jatkui prosessissa mukana, koska ajateltiin sen olevan hyödyllinen ominaisuus käyttäjälle (liite 2). Kauko-ohjaimen olisi siis tultava sopivan kokoisen tukivarren päähän ja ohjain olisi varren erillinen osa.

Kaikkia hyväksytyjä konsepteja oli viety tässä vaiheessa eteenpäin ja jotkin konseptit olivat muovaantuneet yhdeksi ajatukseksi, mutta selvästi kaikista parhaimmin tulivat kaikista ideoista esiin ”Tarjotin”, ”Siipinivel”, sekä uusi tulokas pystynivel, joka oli syntynyt ideana asiakasyrityksen edustajalta konseptien pohjalta (liite 2).

Ideassa nivelen akseli sijaitsisi vyötärön sivustassa ja nivelen varsi liikkuisi ylös sekä alas. Yksinkertainen rakenne, jonka selvänä etuna on nivelen varren yksinkertaisuus ja jonka helposti voi toteuttaa 3-4 mm:n paksuisella lattalevyllä. Muissa konsepteissa tarvitaan, joko enemmän materiaalia tai monimutkaista rakennetta, esimerkiksi varren kaarevuutta.

"Pystynivel" haluttiin mukaan kehitykseen "Tarjotin" ja "Siipinivel"-konseptien kanssa, muut konseptit saivat jäädä tällä erää sivuun (liite 2).

Mukana olivat konseptia tällä hetkellä kolme konseptia, joista mietittiin ratkaisua ohjaimen kiinnityksen ohella, sillä luonnollisesti nivel ja itse ohjain ovat vahvasti linkitettyinä toisiinsa. Nivelessä keskityttiin alkuvaiheessa vahvasti lukituksen konseptointiin. Itse nivelen kiinnittyminen käyttäjän lantiolle oli vielä kysymysmerkki tässä vaiheessa. Palaverissa oli tullut ilmi asiakasyrityksen toiveet hienomekaanisien ratkaisujen välttämistä, joten robustit ratkaisut näkyvät vahvasti konsepteissa.

Lukitusmenetelmissä mietittiin yksinkertaisia asentoreikiä, joiden avulla nivel pystytettiin lukitsemaan haluttuun asentoonsa esimerkiksi sokan avulla.

Muotolukitus oli toinen vaihtoehto, jossa nivelellä olisi pääasiassa kaksi asentoa. Ei-käyttöasento ja käyttöasento. Käyttöasentoon nivel pysähtyisi haluttuun muotoon ja nivel varmistettaisiin paikalleen kahden pinnan väliin.

Kehitetyt konseptit näistä kolmesta vaihtoehdosta voidaan nähdä seuraavasta kappaleesta. Ne ovat tuotteita useista konsepteista monien eri mutkien kautta monien näkökulmien kannalta katsoen, vaikka ne eivät yksityiskohtaisia ratkaisuja anna lopulliseen toteutukseen.

Uudesta kauko-ohjaimesta saatujen mittojen avulla päätettiin tutkia asiaa käyttäjän kannalta. Tiedettiin kuinka kaukana ohjainten tulisi olla toisistaan uusien kauko-ohjaimien mittojen ansiosta. Ohjain pystyy kääntymään sivulle maksimissaan 151 mm, joten kauko-ohjaimien etäisyys toisistaan täytyy olla minimissään 302 mm. Tässä kohtaa olennaiseksi muodostuu ihmisen vyötärön koon vaihtelu. Toteutettiin kirjoittajan lähipiirissä tutkimus, jonka tarkoituksena oli antaa omakohtainen karkea arvio ihmisen lantionleveyden mitoista. Keskiarvoa oli tarkoitus käyttää suuntaa-antavana mittana, eikä käyttää tieteellisenä tutkimuksena. Tutkimuksen tulokset on listattu taulukkoon (Taulukko 1)

Sukupuoli	Pituus(cm)	Vyötärön leveys(cm)
Mies	178	36
Mies	182	30
Mies	167	40
Nainen	157	38
Nainen	159	31
Mies	170	33
Mies	154	32
Mies	163	36
Mies	185	34
Mies	188	42
Keskiarvo	35,2cm	

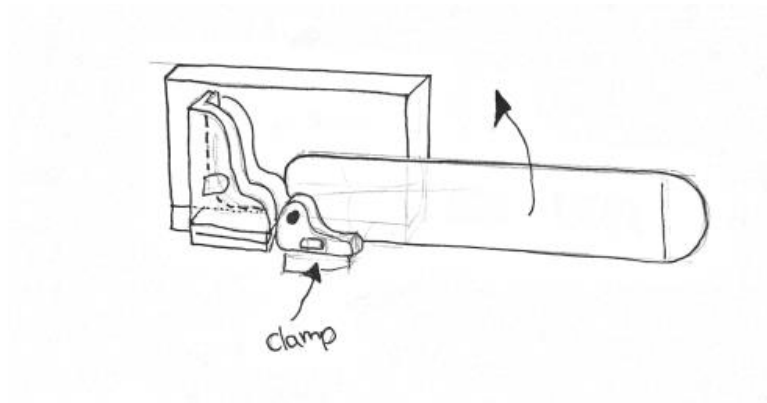
Taulukko 1: Kirjoittaman mitaamat tulokset tuttavapiiristä. Taulukossa on listattu mitattavan sukupuoli pituus ja vyötärön leveys

Tuloksista huomataan, että ihmisen vyötärön leveys voi olla lähellä ohjainten minimietäisyyttä toisistaan. Tällöin ”Tarjotin”-konseptin hyöty katoaa, sillä todennäköisesti ohjain sijaitsi ylhäältä päin katsottuna samalla vertikaalisella linjalla kuin käyttäjän vyötärön sivusta. Tällöin on kustannustehokkaampaa ja kevyempää sijoittaa tukipiste vyötärön sivustaan, josta lähtee suora nivelen varsi, kuin sijoittaa painava tarjotin koko vyötärön leveydelle. Tarjotin päätettiin jättää projektista sivuun (liite 3)

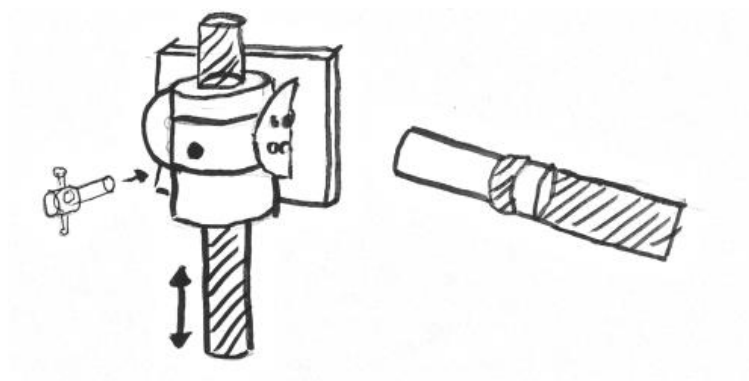
Tässä tapauksessa ”Pystynivel” vaikutti kaikista toimivimmalta konseptilta. Konsepteista esiin nousi myös ”Siipi”. Konseptilta löytyy samanlaisia etuja kuin myös pystyniveleltä, joten molemmat haluttiin pitää vielä tässä vaiheessa mukana, jotta pystyttäisiin vertailemaan tasapuolisesti kahta oletettavasti toimivaa ideaa. Näistä kahdesta konseptista haluttiin rakentaa prototyyppi. (liite 3).

Seuraavaksi on käyty läpi pidemmälle vietyjä konsepteja ”Tappi”, ”Pystynivel” sekä ”Siipinivel”. Suunnittelussa on otettu huomioon, ympäristö ja nivelen varren päähän kohdistuva paino. Joten konseptisuunnittelussa on yritetty välttää hienomekaanisia asioita vaan keskitytty robustiin kokonaisuuteen, joka kestää rajumpaa ympäristöä sekä painoa. Konsepteissa ei ole vielä käsitelty itse nivelen kiinnitystä lantiolle vaan ajatuksia on enemmän haettu nivelen lukitusmekanismiin.

Pystynivel



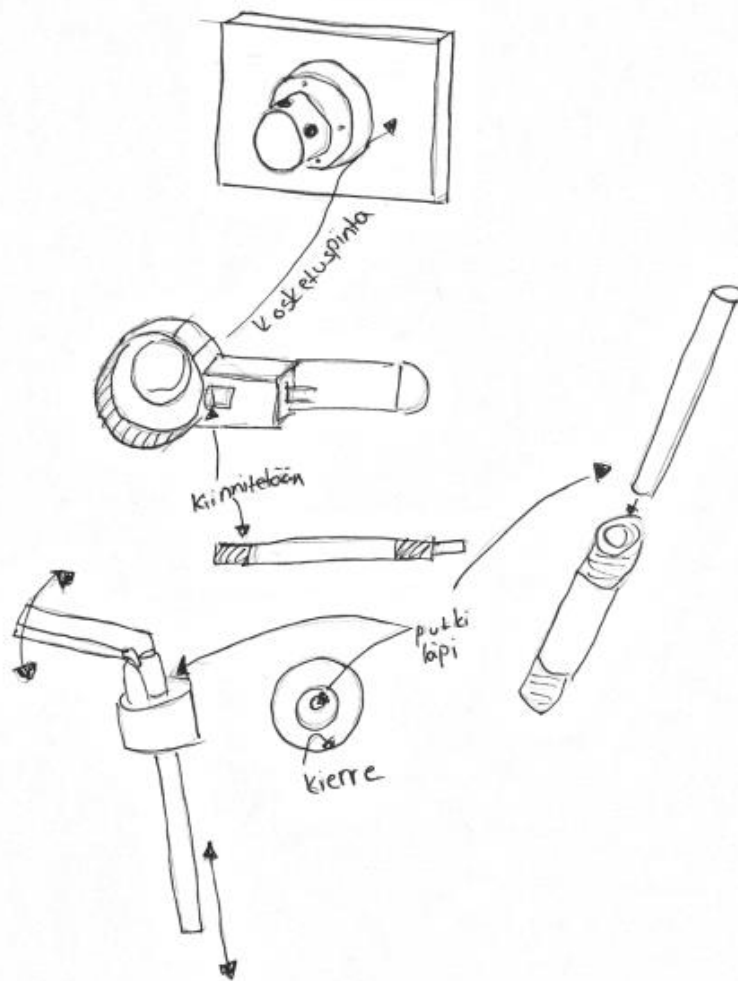
Kuva 14 "Nivel 4" konsepti



Kuva 15 "Nivel 5" konsepti

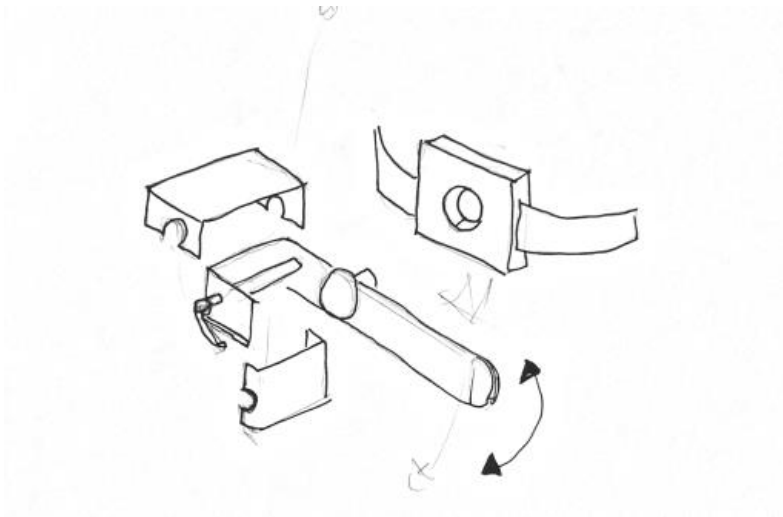
Nivel 4 (Kuva 14). Konseptissa nivelen varren lukitus tapahtuu muotolukitteisesti. Nivel on tehty alumiinilevystä. Ei-käyttöasennossa nivel pysyy vaakasuorana paikallaan kahden osan välissä, jotka on painettu toisiaan vasten ja lukittu vetopuristimella. Kun vetopuristin irroitetaan, irtaana akselissa kiinni oleva osa ja pyörähtää alaspäin pysähtyen stoppariin. Nivel putoaa myös alaspäin ja pysähtyy alaspäin pudonneeseen osaan.

Nivel 5 (Kuva 15). Konseptin tarkoitus oli miettiä mahdollinen nivel, joka ei taittuisi vaan vetäytyisi pois. Konseptissa ohjainvarsi liikkuu ontossa sylinterissä, joka lukitaan oikeaan kohtaan esimerkiksi ruuvattavalla tapilla tai jousipalautteisella tapilla. Putken päähän hitsattaisiin levy kauko-ohjainkotelon liittämistä varten, sillä pyörömuotoon liittäminen voi käydä hankalaksi ja tilaa vieväksi.

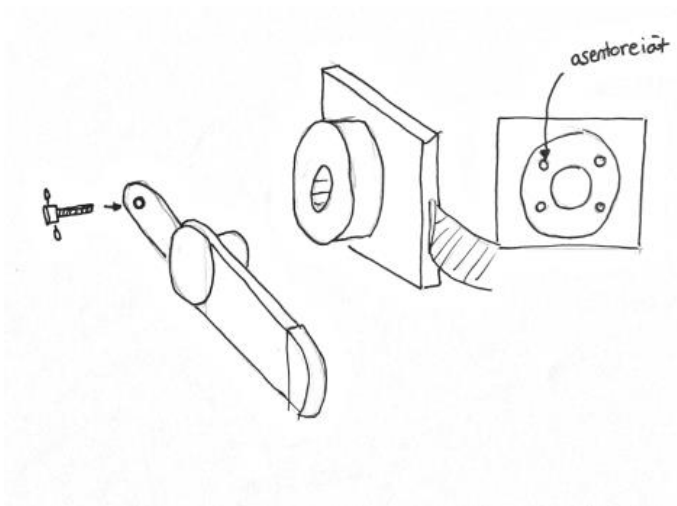


Kuva 16 "Nivel 3" konsepti.

Nivel 3 (Kuva 16). Konseptissa nivel pyörii sylinterimuodon ympäri. Nivel muodostuu lattalevystä ja siihen hitsatusta muodosta, joka pyörii sylinterin ympärillä. Sylinterin keskellä on kääntöruuvi, jota pyöritettäessä sylinterin ulkoreunoilta työntyy 3 tappia. Mekanismina käytettäisiin kameroissa käytettävää linssin sulkijamekanismia. Tappien liikkua ulospäin ne osuisivat varren muodossa oleviin reikiin ja lukitsisivat varren paikalleen ja oikeaan kohtaan. Ruuvia kiertäessä vastakkaiseen suuntaan saataisiin tapit takaisin sisään ja näin varsi vapaaksi uudelleen asettamiseen.



Kuva 17 "Nivel 1" konsepti

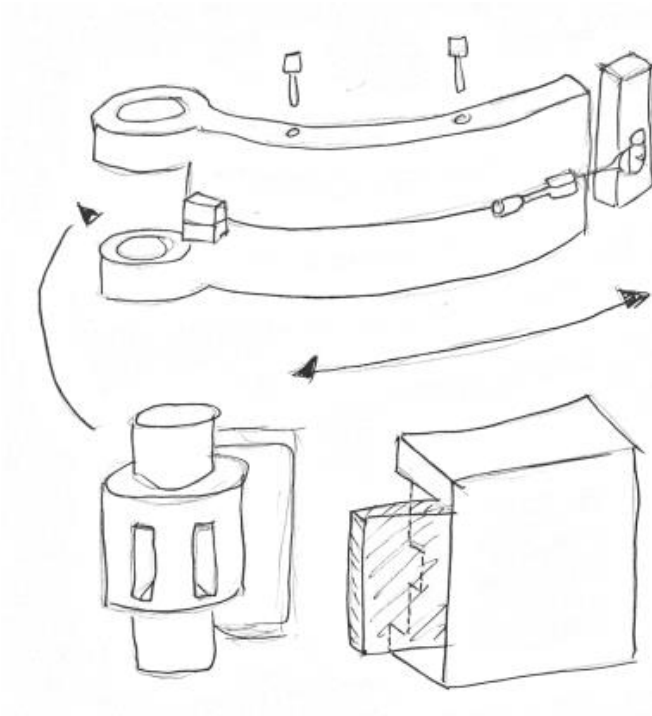


Kuva 18 "Nivel 2" konsepti

Nivel 1 (Kuva 17). Konseptissa nivelen varsi jäljittelee ylhäältä katsottuna L-kirjainta, tehden muodoltaan "keskeneneräisen U-kirjaimen". U:n laippojen läpi tehtäisiin reiät, joiden läpi vedettäisiin pikalukollinen tappi samanlainen, jota käytetään pyörän renkaan pikalukituksessa. Lukitusasentoja olisi kaksi. Lattalevystä muotoiltu U-profiili ja lukitusasennossa ohjaimen varsi osuisi limittäin lukitusmuodon kanssa ja se jäisi pikalukon laippapinnan sekä ohjaimen varren muodon väliin. Näin kiristäessä pikalukon kiinni niin pikalukon laippa painaisi kiinteätä lukituspistettä vasten, jolloin nivel pysyisi kitkalla, sekä muotolukituksella paikallaan, sillä ohjain haluaa jatkaa matkaansa lukituspisteen yli. Mutta pysähtyy lukituspisteen muotoon.

Nivel 2 (Kuva 18) konseptin pyöräsi tukipisteessä vapaasti kunnes varressa olevan laipan läpi työnnettäisiin sokka läpi tukipisteen asentoreikään, joka lukitsisi sen paikalleen.

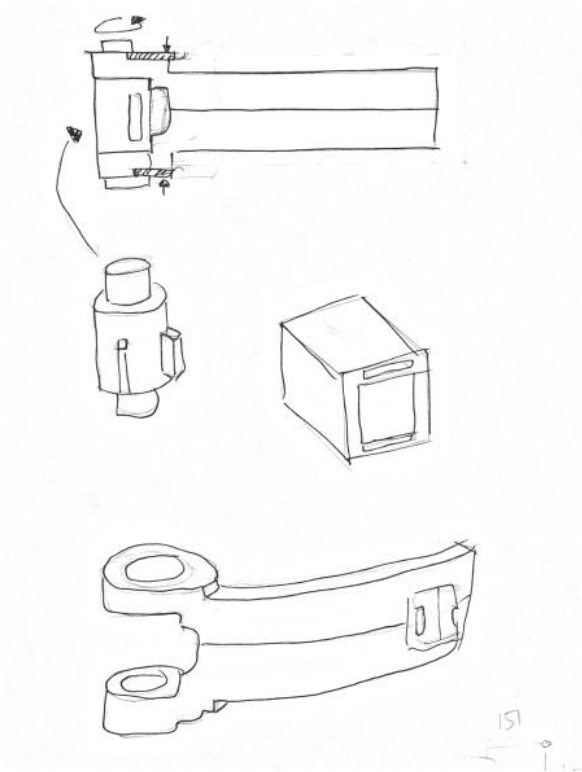
Siipinivel



Kuva 19 "Nivel 6" konsepti

Nivel 6 (Kuva 19). Konseptissa nivel pyörii akselin ympäri, joka on laajennettu keski-osasta ja siihen on työstetty esimerkiksi 2 koloa, jotka ovat nivelen kaksi toiminta-asentoa. Ei-käyttöasento sekä käyttöasento. Nivelen varsi olisi kaksiosainen kokonaisuus (työstämisen takia kaksiosainen), jotka kiinnitettäisiin toisiinsa pulteilla. Varren päässä olevat laakeroidut reiät on tarkoitettu akselin kiinnitykseen. Kummankin nivelen osassa on alareunassa urat, jotka muodostavat yhden uran keskenään varren toisen osan kanssa.

Tämän on tarkoitus pitää varressa liikkuvaa lukituskelkkaa helpommin paikallaan varressa. Lukituskelkkaa pystyisi työntämään akselissa olevien kolojen sisään, joka lukitaisi varren paikalleen, sillä lukituskelkka on muotolukitteisesti kiinni varressa, jolloin varsi pysähtyy kelkan mukana.

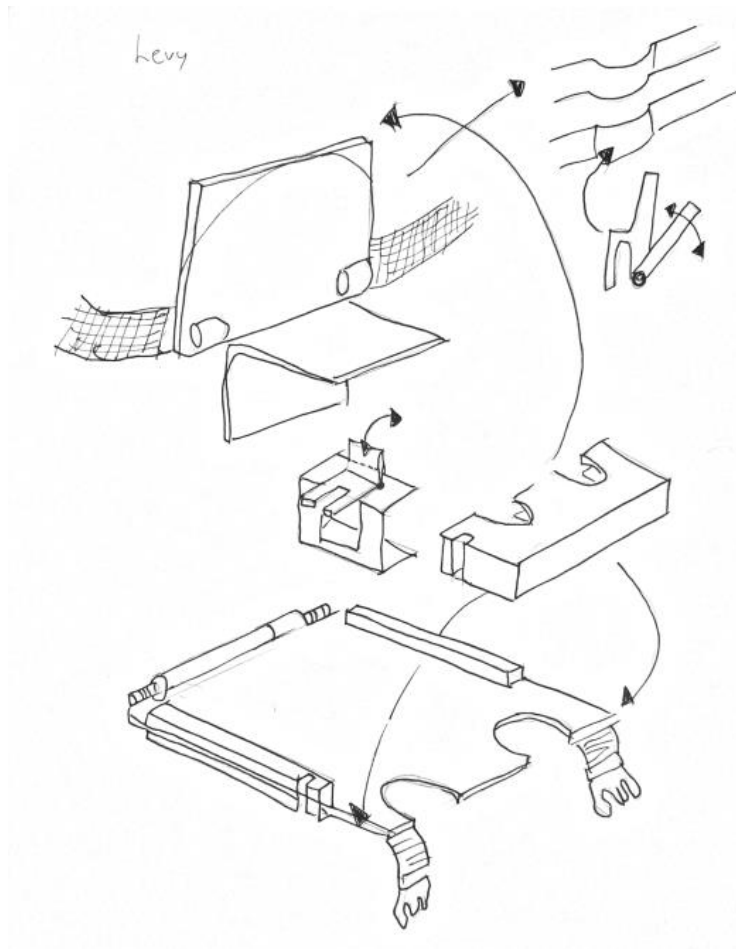


Kuva 20 "Nivel 7" konsepti

Nivel 7 (Kuva 20). Konseptissa on käytetty samantyyppistä ratkaisua, kuin ylhäällä mainitussa konseptissa. Nivel muodustuu kahdesta osasta, jotka kiinnitetään toisiinsa ruuveilla. Poikkeuksena, että akselista tulee ulokkeet lukituksella, eivätkä kolot. Nivelen varsi on sen muotoinen, että se kykenee liikkumaan akselin ympäri ulokkeista huolimatta. Lukituskelkka ympäröi nivelen varren ja kulkee sitä pitkin.

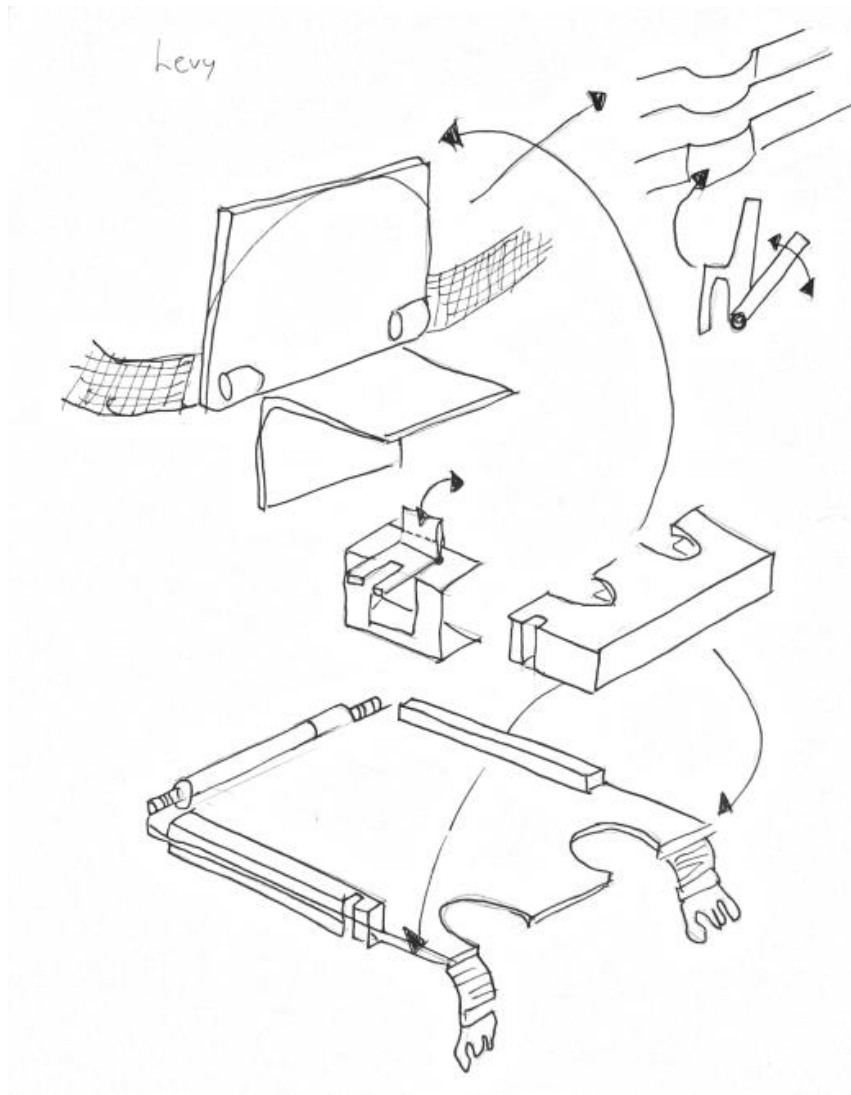
Kun kelkka asetetaan varren pätyyn akselin viereen, estää kelkka vartta kääntymästä, sillä kelkka pysähtyy kosketukseen akselin ulokkeen kanssa. Kelkka pysähtyisi paikalleen pikalukoilla, joita käytetään esimerkiksi akkuporakoneissa. Kummassakin varsi-osassa olisi pikalukon kieliosa ja kelkassa ylhäällä ja alhaalla pikalukon vastakappaleet. Kieliä painetaan alas ja kelkka työnnetään paikalleen, näin kelkka lukittuu paikalleen ja varsi myös.

Tarjotin



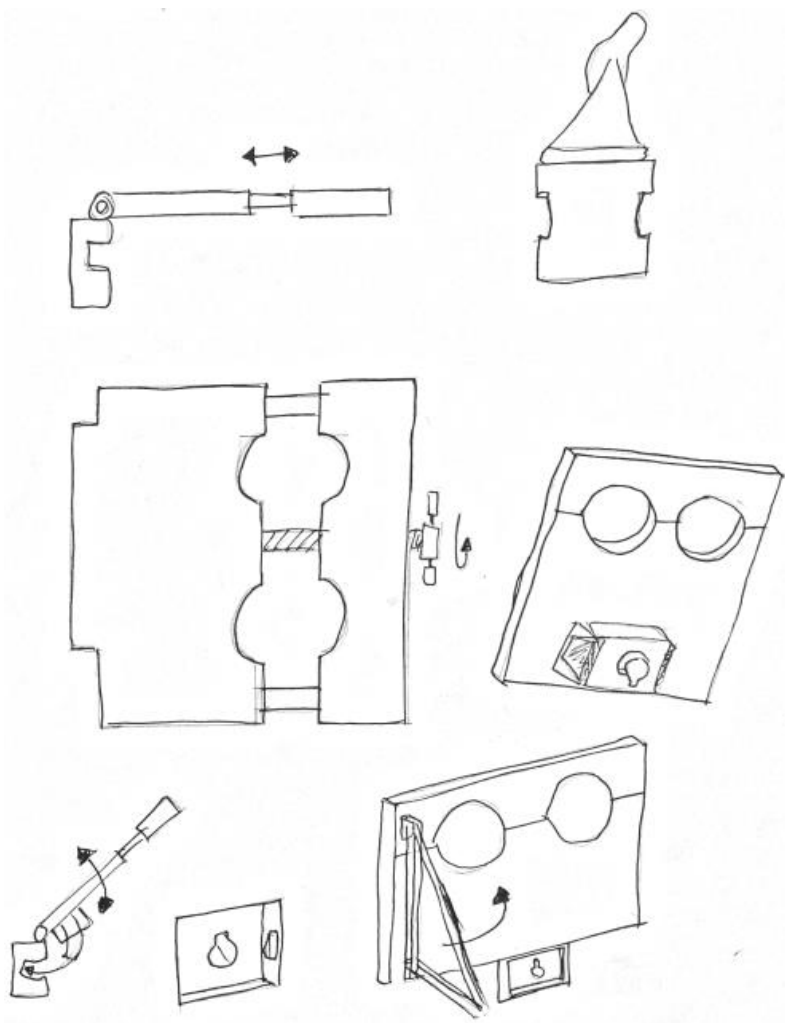
Kuva 21 "Levy 1" konsepti

Levy 1 (kuva 21) konseptissa Tarjotin pysähtyy paikalleen L-profiilin avulla. Levyn päässä on työstetyt ympyrän puolikkaat, jota vastaan ohjainkotelo sijoitetaan. Vastakappale sijoitetaan paikalleen, kun ohjainkotelo on paikallaan. Vastakappale lukitaan työntämällä lukituspala levyn reunoilla olevien urien sekä vastakappaleen päälle. Levy pysyy paikallaan ei-käyttöasennossa esimerkiksi klipseillä, jotka työnnetään liivissä sijaitseviin vastakappaleisiin.



Kuva 22 "Levy 3" konsepti

Levy 3 (kuva 22). Konseptissa käytetään lukitusmenetelmänä kameran sulkijamekanismeja. Sijoitetaan ohjainkotelo reikään, ja kotelo pysyy pystysuunnassa paikallaan laipjojensa avulla. Lukitaan kotelo paikalleen sulkijalla, joka kiristyy kotelon ympärille, kun käännetään kammesta. Tarjotin pysähtyy paikalleen käyttäjän lantion sivuilla sijaitsevien tukipalojen avulla.

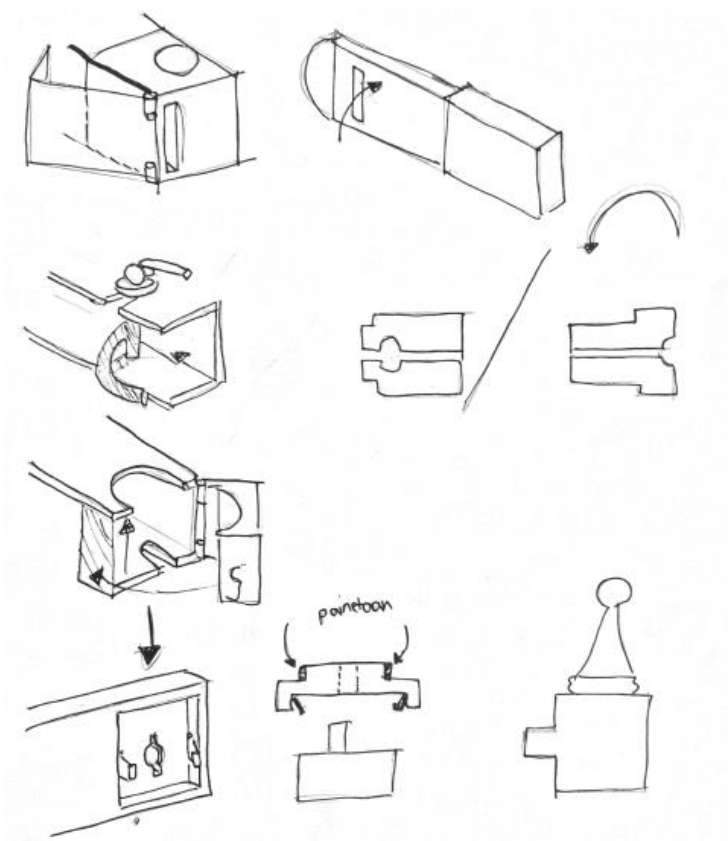


Kuva 23 "Levy 2" konsepti

Levy 2(kuva 23). Konseptissa tarjotin muodostuu kahdesta levystä, joista toinen on kiinteästi paikallaan ja toinen ns. "kiristuselementti" liikkuu kahdella ohjauksiskolla tarjottimen kummallakin sivulla ja tätä elementtiä pystytään liikuttamaan kierretapilla. Kierretappia kiristäessä elementti liikkuu kohti toista levyä, ja kun ohjain on asetettu kahden elementin väliin, kiristyy se niiden väliin. Lattalevy pysyisi vaakatasossa, kun kummallekin levyn puolille sijoitettaisiin L-profiili ja kun tarjotin päästettäisiin alas, käyttäjän lantion sijoitetut pysäyttimet estäisivät tarjottimen laskemisen vielä alemmas, kun tarjottimen L-profiilit osuisivat näihin pysäyttimiin. Toinen vaihtoehto lukitukselle, joka näkyy myös kuvassa, on että Lattalevystä lähtee kiinteä tappi, joka asettuu levyn alapuolella olevaan möykkyyn, kun tarjotinta lasketaan alaspäin ja näin tappi estää levyn liikkeen ja lukitsee sen paikalleen

3.2.1 Ohjaimen kiinnitys

Nivelen kehityksen rinnalla kehitettiin myös ideoita mahdolliselle ohjaimen kiinnitystavalle nivelen varteen. Suunnittelussa yritettiin miettiä mikä on mahdollista toteuttaa prototyyppi vaiheessa ja kaikista halvinta. Nivelen vartena esimerkeissä on käytetty lattalevyä, työstettyä lattalevyä muodonmuutoksen avulla saatavan jäykkyyden tavoittelumiseksi, sekä U-profiilia. Alla (Kuva 24) on esitelty konseptit ohjaimen kiinnitykselle kuvan esiintymisjärjestyksessä.



Kuva 24 Ohjaimen kiinnityskonsepteja

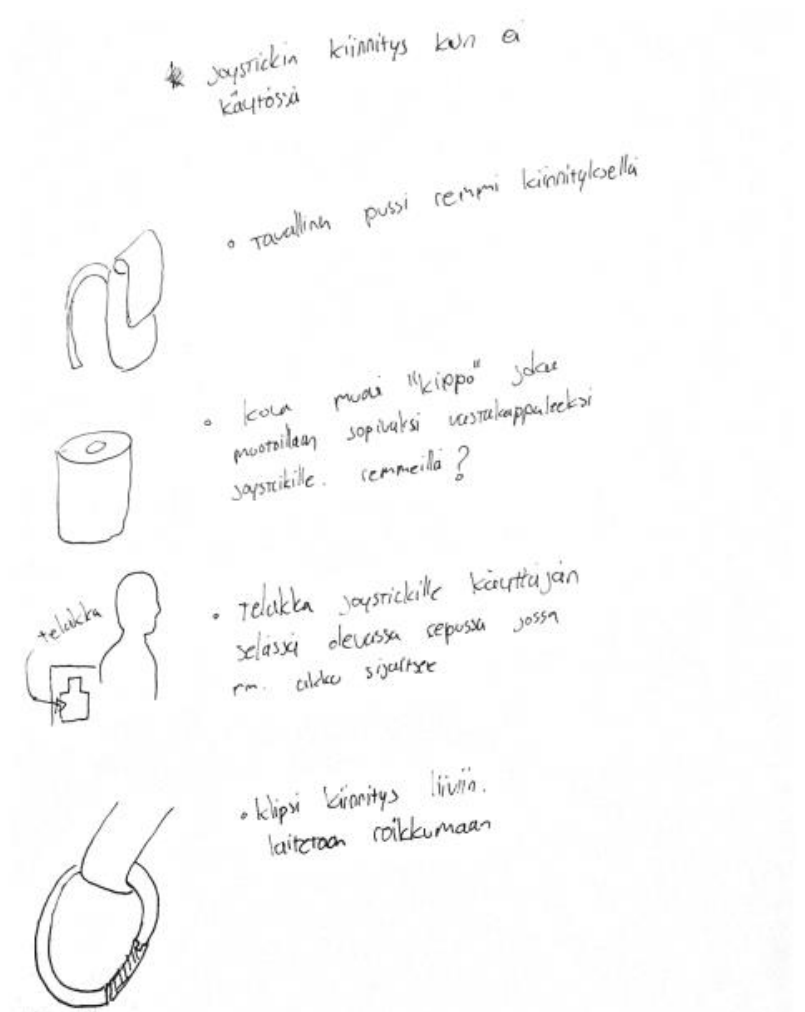
(Konsepti 1). Konseptissa ohjainkotelo oli vielä tässä vaiheessa kuutionmuotoinen, ja siinä on sivulla läpi vedetty suorakulmion muotoinen kolo. Tämän läpi voidaan työntää samanmuotoinen nivelen varsi. Ohjaimen varren päässä on myös läpivedetty esimerkiksi suorakulmion muotoinen kolo. Kun ohjainkotelo työnnetään läpi, ja se pysähtyy muotolukitteisesti tiettyyn kohtaan (varren muoto muuttuu tiettyssä kohtaa, joten kotelo ei pääse pitemmälle). Samalla tulee varressa sijaitseva kolo esiin. Kotelon sivulla sijaitsee saranalla toimiva lukitusmekanismi, joka toimii työntämällä saranalla liikkuva kantattu

lattalevy kotelo vasten. Varressa sijaitsevan kolon ansiosta lattalevyn laippa menee koloista läpi, jolloin kotelo kiinnittyy paikalleen. L-muotoinen levy voitaisiin lukita paikalleen esimerkiksi vetopuristimella, jonka kiinteä piste on ohjaimen toisessa sivussa ja puristimella vedetään lattalevyn laippaa.

(Konsepti 1) Konseptissa ohjaimen varsi on U-muotoinen profiililtaan. Sen ei toki tarvitse olla koko mitaltaan sen muotoinen. Profiiliin laippoihin on työstetty urat, joiden väliin voidaan työntää tappi. Tapista tulee keskeltä U:n muotoinen kaappari. Tappi lukitaan asentonsa pikalukituksella, pyörän renkaan pikalukituksen tapaan. Kun ohjainkotelo asetetaan osittain U-profiilin sisään, käännettäisiin kaapparitappia sen verran, että se nimensä mukaisesti kaappaisi kotelon profiilinsa sisään eli ympäröisi kotelon.

(Konsepti 3) Konseptissa ohjaimen varren profiiliin on tarkoitus muodostaa kotelo. Sijoitettaisiin ohjain profiiliin ja suljettaisiin se paikalleen ohjaimen saranakannella ja lukittaisiin kansi paikalleen esimerkiksi vetopuristimella samaan tapaan kuin ensimmäisessä konseptissa.

(Konsepti 4) Konseptissa ohjaimen varren päässä imitoitaisiin lukitusmenetelmällään akukuporakoneen akun lukitusta. Keskellä olisi ohjausreikä ja sivuilla lukituksen kielet. Ohjainkotelossa olisi ohjaintappi, jonka avulla saadaan helposti kotelo kohdistettua oikeaan kohtaan ja työnnettäisiin se läpi reiästä. Ohjainkotelon sivuilla olisi vastakappaleet lukituskielillä joiden avulla ohjainkotelo lukittuu paikalleen.



Kuva 25 Ohjaimen liivikiinnitys konseptit

Ohjaimen irrotettavuuden takia, valmisteltiin muutama konsepti, miten ohjain lopulta kiinnitettäisiin käyttäjän vartaloon, mutta lopulliset suunnitelmat päätettiin jättää työn loppuvaiheeseen. Konseptit ovat esitetty kuvassa 25.

Konsepteista ensimmäisessä käytettiin hyödyksi mahdollista, modulaarisen taisteluliivin käyttöä, johon on helposti saatavilla eri kokoisia remmeillä kiinnitettäviä pusseja. Ohjain sijoitettaisiin tällaiseen pussiin säilytystä varten.

Toisessa konseptissa työstettäisiin sopiva muoto, joka myötäilisi ohjaimen kotelon ulkomittoja ja se painettaisiin työstetyn muodon sisään ja mahdollisesti lukittu paikalleen muotolukituksella tai pikalukituksella. Muoto sijoitettaisiin esimerkiksi käyttäjän etupuolelle.

Kolmannessa konseptissa käytettäisiin käyttäjän takana olevaa tilaa. Akku tulisi tässä vaiheessa selän puolelle ja kotelointia lisättäisiin selän puolelle sen verran että saataisiin telakointiasema ohjaimelle käyttäjän taakse.

Viimeisenä vaihtoehtona ohjainkotelon päässä olisi remmeillä kiinni oleva karabiinihaka, joka kiinnitettäisiin esimerkiksi taisteluliveissä oleviin lukuisiin remmeihin. Näin ohjaimen paikankin pystyisi valitsemaan vapaasti, eikä se olisi lukittuna tiettyyn paikkaan.

Vaikka ohjaimen irrotuksen ajateltiin olevan järkevä ratkaisu projektin alkuvaiheissa, alkoi selvästi vaikuttaa siltä, että sen turvallisen ja tukevan kiinnityksen suunnittelemiseen tulisi menemään liikaa aikaa, eikä ajateltu sen tuovan enää selvästi lisäarvoa. ”Tappi”-ratkaisu oli ollut itsessään mielenkiintoinen vaihtoehto, mutta uuden ohjaimen geometriat estivät käyttämästä sen suurinta hyötyä, jolloin sen merkitsevyys katosi. Ajateltiin myös, että saako käyttäjä missään vaiheessa suurta hyötyä siitä, että hän pystyy poistamaan tukivarsissa sijaitsevat ohjaimet? Vai riisuuko hän mieluummin koko ohjainliivin, mikäli se käy helposti. Koettiin, että on parempi jättää kyseinen idea taka-alalle ja keskittyä pelkästään nivelen toimintaan tällä haavaa (liite 5).

4 Prototyypit ja Pro-Cons

4.1 Prototyyppi

Tarjottimen poissulkemisen jälkeen kilpailusta jäljelle jäi kaksi konseptia, joista haluttiin rakentaa prototyyppi, jotta pystyttäisiin havaitsemaan, kumpi niistä toimii vai toimiko kumpikaan (liite 3).

Koska nivelet asetettaisiin vyötärölle niin kuin konsepteissa, rakennelmalle tarvittiin vahvaa tukea. Ajateltiin, että paras ratkaisu tässä vaiheessa olisi käyttää nahkaista painonostovyötä, jotka ovat rakenteeltaan erittäin jäməköitä ja antaisivat tarvittavaa tukea nivellelle eikä vyö taipuisi rakennelman painosta (liite 3).

Ajan säästämiseksi prototyyppi rakennettiin yksinkertaisesti ja halvasti vanerista. Kumpikin nivelmahdollisuus rakennettiin samaan prototyyppiin. Prototyypissä ohjaimina käytettiin aiemmin rakennettuja malleja tulevasta kauko-ohjaimesta

Kuvissa 26 ja 27 nähdään pystynivelen prototyypin toimintaa luonnossa ja kuvissa 28 ja 29 vastaavasti nähdään siipinivelen prototyypin toiminta. Prototyypeistä huomattiin, että molemmat toimivat selvästi periaatteiltaan, eikä poissulkemisen sijaa ole vielä tässä vaiheessa. Ajateltiin, että kummastakin nivelestä olisi järkevintä tehdä vertailukaavio, josta voisi ilmetä mahdollisia epäkohtia ratkaisuihin ja ehkä sen avulla saataisiin selvitettyä paras ratkaisu tähän käyttötarkoitukseen.



Kuva 26: Kuva pystynivelen prototyypistä käyttöasennossa. Nivel on nyt lukittunut paikalleen ja pulstin irrotuksen avulla sen saa pudotettua alas ei-käyttöasentoon.



Kuva 27: Kuva pystynivelen prototyypistä. Lukituspulatti on irrotettu ja nivel pääsee putoamaan alas ei-käyttöasentoon.



Kuva 28: Kuva siipinivelen prototyypistä käyttöasennossa. Nivelen varsi pyörii yhden akselina toimivan pystysuuntaisen pultin varassa.



Kuva 29: Kuva pystynivelen prototyypistä ei-käyttöasennossa. Nivel on työnnetty oikeaan kohtaan, josta lukituspultti voidaan työntää läpi nivelen varteen, joka lukittaa nivelen ei-käyttöasentoon.

4.2 Pro-Cons

Nivelratkaisuja haluttiin vertailla keskenään (liite 4), jotta saataisiin selville karkeasti arvioituna parempi ratkaisu, että voitaisiin säästää turhaa aikaa jo tuhoon tuomitun idean kehittämiseksi. Pro-Cons-matriisiin (liite 1) kategoriat tulivat annetuista mahdollisista tilanteista, joita käyttäjälle saattaa sattua päivän mittaan. On myös yritetty ajatella niin sanotusti laatikon ulkopuolelta kategorioita valitessa, jotta saataisiin mahdollisimman paljon vertailutilanteita, joilla kilpailuttaa kahta konseptia.

Pisteytys toteutettiin seuraavalla tavalla. Jokaisessa kategoriassa mietittiin nivelen suoriutumista kategoriassa kahdessa eri osa-alueessa, ei-käyttöasennossa tai käyttöasennossa. Jos nivelratkaisu pystyi suoriutumaan tehtävästä, annettiin yksi piste sille osa-alueelle, jos taas tehtävä suoriutui, mutta siinä aiheutui selvästi niin sanotusti lievää epä-mukavuutta käyttäjälle tai jollekin muulle, vähennettiin puoli pistettä pistemäärästä.

Matriisista (liite 9) huomattiin, että vaikka piste-ero oli nivelten välillä kohtuullisen suuri, johtui niiden välinen piste-ero muutamasta kategoriasta, jotka liittyivät liikkumiseen metsässä. Tämän perusteella ei siis voitaisi tehdä lopullista päätöstä, koska nivelten välinen suuri ero ei ylety muihin kategorioihin vaan ne ovat erittäin tasaisia keskenään. Tietysti jos metsässä liikkumisen sujuvuutta arvostettaisiin muiden tilanteiden yli moninkertaisesti olisi tilanne eri, mutta tässä kohdassa sille ei annettu niin suurta painoarvoa. Matriisista voitiin päätellä, että tässä vaiheessa nivelet olivat vielä samanarvoisia.

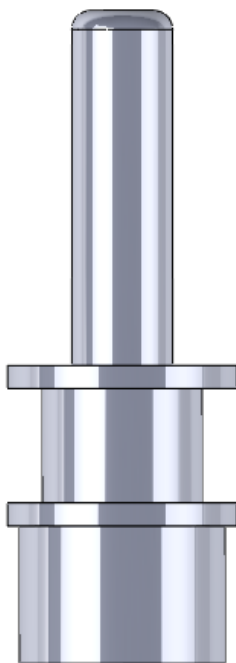
5 Proto1.0 ja kehitysideat

5.1 Pystynivelen ja Siipinivelen 3D-mallinnus

Prototyyppien valmistuksen jälkeen siirryttiin perusteellisempaan suunnitteluun 3D-mallinnuksen avulla (Liite 5). Prototyypin 3D-mallinnus toteutettiin CATIA-mallinnus ohjelmalla. Mallinnus aloitettiin siltä pohjalta, että mitään yksityiskohtaista ei ajateltu vaan haluttiin nähdä tämän hetkiset rajoitteet fyysisessä muodossa. Rajoitteina oli määritelty tällä hetkellä mm. käyttäjän vyötärön leveys, kauko-ohjainten koko ja kauko-ohjainten tarvittava liikerata.

Aluksi mallinnettiin käyttäjän vyötärön ellipsi muoto, jonka suurimmaksi halkaisijaksi valittiin juuri tuo laskettu ihmisen vyötärön leveyden keskiarvo (Taulukko 1). Tällä tavoin pystyttiin seuraamaan näyttääkö, joku komponentti suhteettoman isolta, kun vertauskohteena oli tuttu asia, jonka pystyy helposti hahmottamaan. Vyötärön ääri viivoista voitiin tehdä mittaustasot nivelten varren minimipituudelle. Tällä tavoin alkumetreillä nivelten varren pituuden valitseminen helpottaa tulevaa suunnittelutyötä, kun tiedetään että, jos näillä mitoilla suunnitellaan, tiedetään etäisyyden riittävän kauko-ohjaimen käyttöön.

Nivelten varren päähän lisättiin komponenttina yksinkertainen neliö, joka edusti siinä vaiheessa kauko-ohjaimen kotelo. Itse neliön sisään mallinnettiin valittu kauko-ohjain (Kuva 30) tarkoilla mitoilla, mutta muotoon ei käytetty aikaa. Kunhan kauko-ohjaimen ääreismittat olisivat oikeat niin se tekisi tarvittavan asian.



Kuva 30: Hahmotelma Gessmann kauko-ohjaimen ulkomuodosta. Muodossa on käytetty Gessmannin annettuja tarkkoja mittoja.

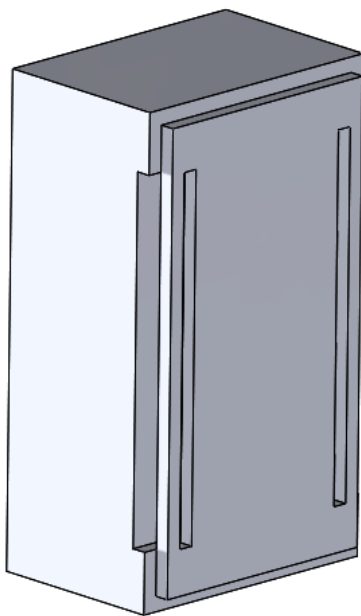
Nivelistä tehtiin karkeat mockup-mallit, josta nähtiin helposti geometriat ja havaittiin helpommin, minkä kokoinen mahdollinen tukipiste tulee olemaan.

Konkreettisessa nivelten mallinnuksessa käytettiin ideoita alkuperäisistä konsepti-ideoista. Kauko-ohjaimen kotelon liittäminen varteen ajateltiin vielä tässä vaiheessa olevan

järkevin toteuttaa läpivedetyllä suorakulmaisen neliön muotoisella reiällä, jonka läpi ohjaimen varsi tulisi menemään. Se oli tässä vaiheessa kauko-ohjain kotelon perusajatus. Muoto ajateltiin vielä tässä kohtaa neliöksi, mutta tulevat suunnitelmat tulisivat todennäköisesti rakentumaan tämän kiinnitystavan ympärille.

Tähän asti ajatuksena oli ollut, vyön käyttämistä valjaskokonaisuudessa, jollakin tapaa. Ajateltiin tämän olevan paras tapa tukinivelen kiinnitykselle konseptivaiheessa. Oltiin tutkittu armeijan käyttäviä taisteluliivejä sekä työkaluvöitä, jotka voisivat olla mahdollisia vaihtoehtoja. Suunniteltiin tukinivelen mockup-mallin kiinnitys vyötäröön sillä perusteella, että se kiinnittyisi vyöhön ja sitä olisi mahdollista säätää. Tämä kiinnitysajatus otettiin sillä se oli toiminut prototyypissä kohtalaisen hyvin.

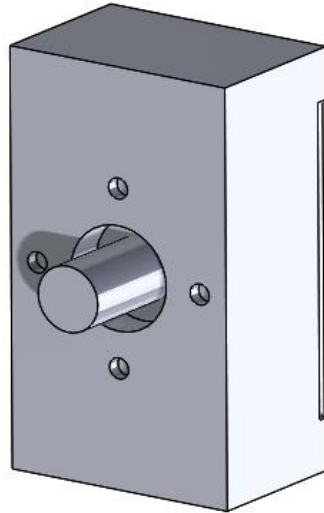
Ajateltiin, että paras ratkaisu olisi levy (kts Kuva 31) jossa on kaksi läpivedettyä uraa, jonka läpi vyö vedetään. Itse levyn kiristämistä vyöhön tietylle kohdalle ei vielä mietitty tässä vaiheessa.



Kuva 31 Konseptin kokoonpano jossa läpivedetyillä urilla varustettu levy on kiinnitetty tukiosaan, johon itse nivelen akselin on tarkoitus kiinnittyä.

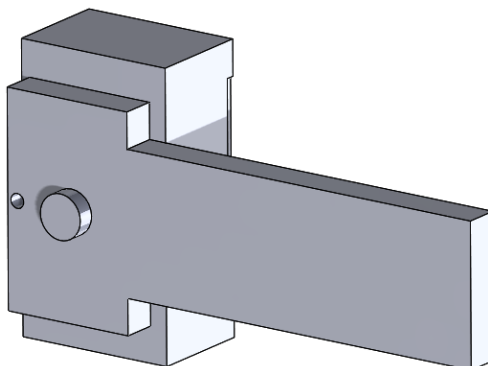
Urallinen vyönkiinnitys levy todennäköisesti kiinnittyisi lopullisesti tukiosaan uppokantaruuveilla käyttäjän vyötärön puolelta. Kiinnityslevylle ei haluttu paljon leveyttä, koska se saattaisi haitata käyttäjää, joten siitä tehtiin pienempi kuin itse tukiosasta. Tällä tavoin se

ei kylläkään anna maksimaalista tukea, mitä se saisi vyöltä vaan kaikki tuki keskittyy yhteen pieneen osaan vyön leveydeltä, mutta ajateltiin sen olevan ratkaistavissa myöhemmin.



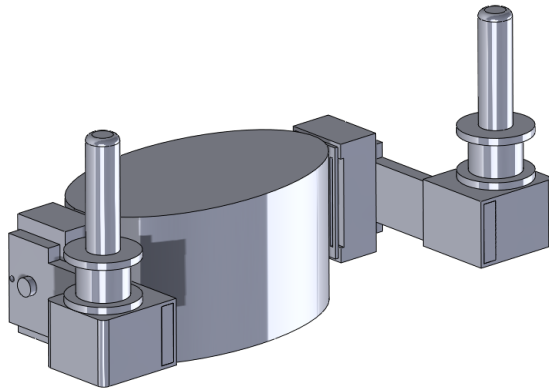
Kuva 32 Kokoonpano toiselta puolelta, jossa nähdään akselin sijoitus sekä neljä asentoreikää itse nivelen varrelle

Tukinivelessä haluttiin tässä vaiheessa miettiä jo konseptivaiheessa esiin tullutta lukitusmenetelmää, jossa käytettäisiin asentoreikiä. 4 näkyvää asentoreikää (Kuva 32) määrittäisivät nivelen asennon käyttäjän toiveiden mukaisesti. Varressa (Kuva 33) olisi läpivedetty reikä, jonka läpi sokka voidaan työntää haluttuun asentoreikään. Mallinettiin asentoreikien väliin myös akseli havainnollistavaksi esimerkiksi. itse akselin kiinnitystä ei vielä mietitty tässä vaiheessa.



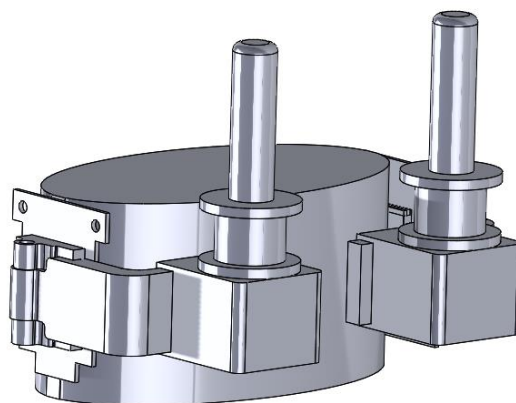
Kuva 33: Kokoonpanoon on liitetty nivelen varsi, akseli jossa nivel liikkuu sekä akselin tukiosa sekä vyönkiinnityslevy.

Nivelen varsi (Kuva 33) oli pystynivelessä alun perin ollut yksinkertainen lattalevy. Tätä ajatusta käytettiin myös ensimmäisissä malleissa. Varteen tehtiin pienet muodonmuutokset, demonstraation vuoksi, miten mahdollisesti tarvittavaa jäykkyyttä varteen voitaisiin tavoitella. Mitä enemmän muodonmuutoksia varteen sijoitettaisiin, sitä enemmän jäykkyyttä saataisiin.



Kuva 34 Hahmotelma miltä konsepti näyttäisi käyttäjän päällä.

Siipinivelen ensimmäisessä mallissa haluttiin ensin löytää sopivat dimensiot nivelen varrelle joka olisi luonnossa mahdollista toteuttaa. Koko varren mitalta oleva varren kaarevuus hylättiin, sillä se ei toisi mitään lisäarvoa toteutukseen ja yksinkertainen 90 asteen taitto olisi helppo toteuttaa esimerkiksi alumiinilevyyn (kts Kuva 35). Varren pituus on laskettu niin, että varren päät eivät kosketa, vaikka 27cm leveän vyötärön omaava ihminen pukisi valjaat päälle.

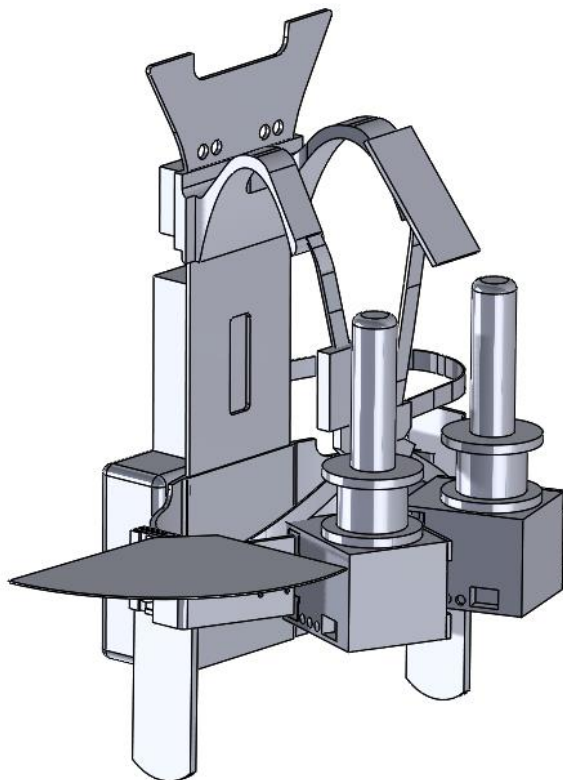


Kuva 35: Kokoonpano siipinivel konseptista.

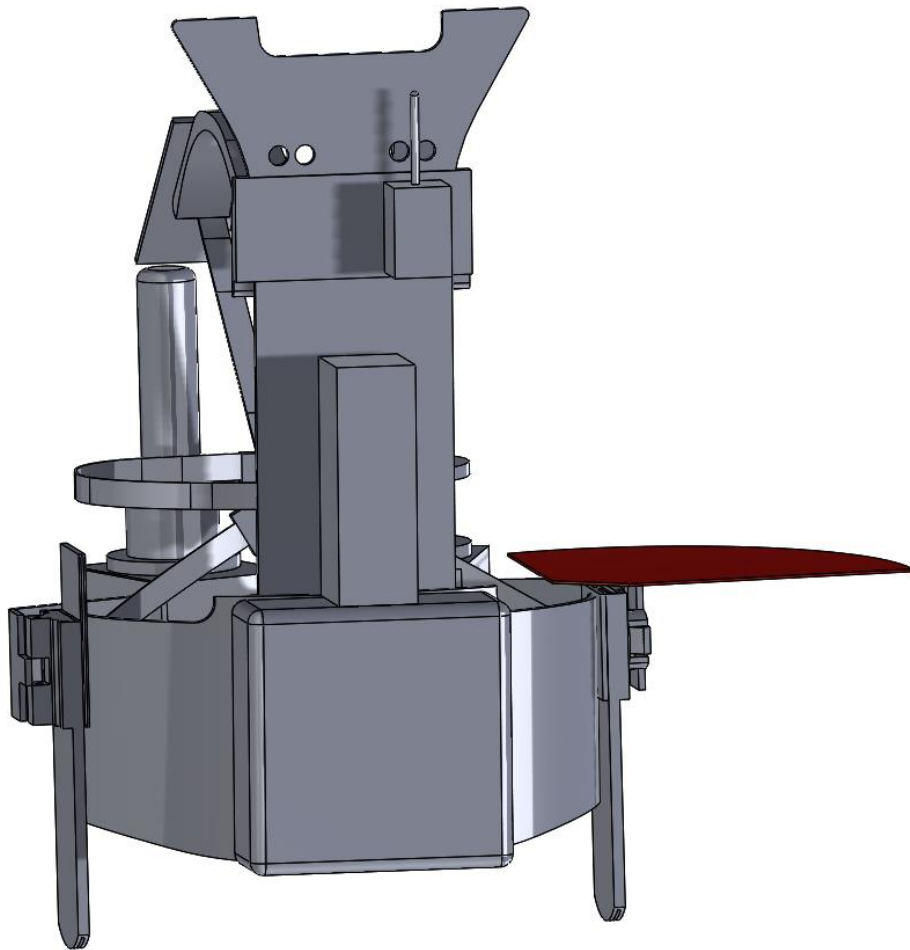
Siipinivelen konseptissa käytettiin samanlaista konseptia kauko-ohjaimen kiinnitykseen kuin pystynivelessä. Akselin kiinnitys ajateltiin tapahtuvan kahdella akselinkiinnityspisteellä, jossa akseli pyörii ja nämä kiinnityspisteet ovat levymäisessä tukiosassa (kts kuva 35). Tukiosassa on alhaalla pieniolake, joka voisi asettua valjaissa olevaan kangasmaiseen ”pussiin” ja tukiosassa ylhäällä olevat reikiä voitaisiin käyttää tuen hakemiseen valjaista esimerkiksi remmeillä.

Ensimmäisten mallien jälkeen haluttiin miettiä valjaskokonaisuutta. Minkälaiset valjaat olisivat järkevintä hankkia. Olisivatko ne suorat ostokomponentit vai monen eri osan kokonaisuus? Ehdotettiin raivausvaljaiden tutkimista ja miettiä miten lopulta ne liittyisivät itse tukiniveleen

Valjaista ja niiden valinnasta on kerrottu enemmän kappaleessa 4.4. Tässä vaiheessa edettiin, sillä periaatteella, että käyttöön tulisivat ostokomponentteina saatavat valjaat. Mahdollisina malleina oltiin mietitty muun muassa Dolmarin raivausvaljaita (kuva 36)



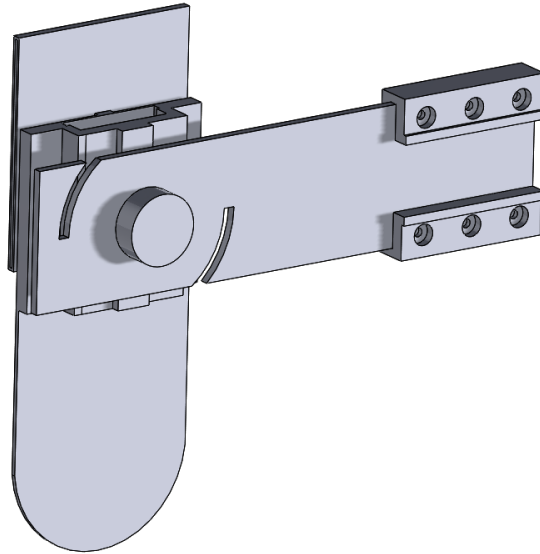
Kuva 36 Kokoonpano johon on liitetty viimeinen versio siipinivelen konseptista sekä pelkistetty mallinnus ehdotetusta Dolmarin raivausvaljaista



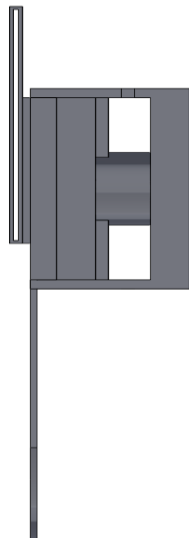
Kuva 37 Kokoonpanossa konseptointiin myös muiden komponenttien sijoittelua, kuten Abitron-lähetintä, akkua ja mahdollisesti käyttäjälle tarpeellista vesileiliä

Nivelen kiinnitystä ei tukiosassa oltu mietitty vielä sen pidemmälle, että akseli on pystysuuntainen, jossa varsi liikkuu ja akselinpesät ovat suoraan kiinni tukiosassa.

Pystynivelen ja siipinivelen seuraavassa versiossa aiemmin esitetty idea pitkästä tukiosasta oli implementoitu ratkaisuun. Konseptin tukiosa suunniteltiin, sillä periaatteella, että tukiosa peitettäisiin polyuretaanipeitteellä käyttäjämukavuuden vuoksi. Akselin kiinnitystä ei oltu vielä ajateltu pidemmälle, mutta nivelen lukitusta oltiin mietitty hieman. Pystynivelen lukittautumisesta valmisteltiin kaksi konseptia

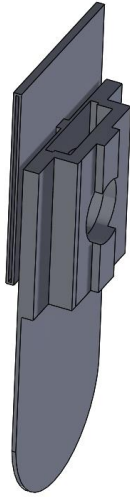


Kuva 38: Kuva pystynivelen mallinnetusta prototyypistä. Kuvan kokoonpanoon on liitetty pidennetty tukiosa, jonka päälle on tarkoitus lisätä kumipeite. Tukiosaan on liitetty akseli, jossa nivelen varsi pyörii. Varren päähän on liitetty kumpaankin reunaan ohjaimelle ohjauspalat.



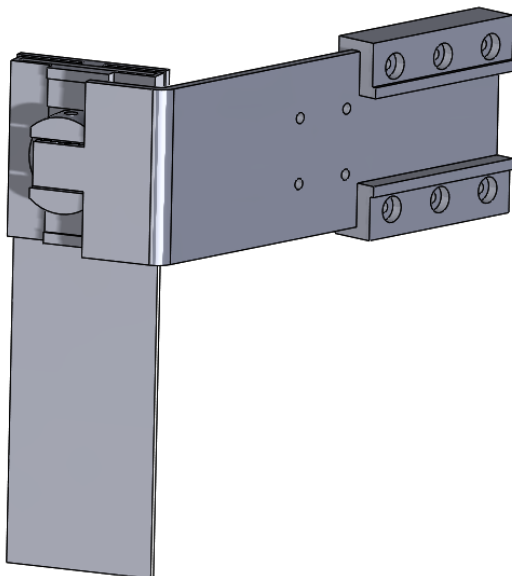
Kuva 39 Kokoonpanoon on lisätty kotelo, jonka tarkoitus on pysäyttää nivelen varren liike muotoluokitteisesti. Nivel pyörisi akselin ja kotelon välissä. Nivelen varsi on poistettu kuvasta.

Akseli pyörisi onton tukiosan (kts kuva 40) sisällä vapaasti ja onton osan puolella olisi akselissa kaksi uloketta (kts kuva 42). Nämä ulokkeet voitaisiin pysäyttää esimerkiksi tukiosan päällä olevilla tapeilla joille olisi tietyt asentoreiät. Mitä kauempana reunaa tappi asetetaan, sitä enemmän pääsee akseli pyörimään ja lopulta se pysähtyisi olakkeen ja asentotapin kohdatessa toisensa



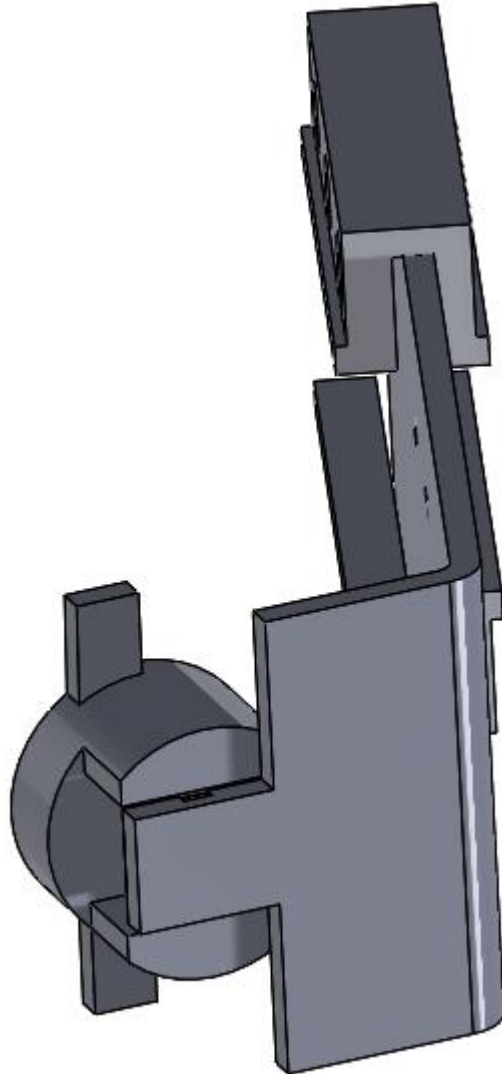
Kuva 40 Tukiosa joka on ontto sisältä. Tukiosa peitettäisiin polyuretaanipeitteellä

Vaakasuuntainen akseli pyörii ontton tukiosan sisällä. Lattalevyssä näkyvät läpivedetyt urat (kts kuva 38) toimisivat muotolukitteisina stoppareina, kun varsi päästetään irti ja se halutaan irrottaa käyttäjän polven korkeudelle. Urat pysäyttävät varren niin, että varsi pysähtyy täysin kohtisuorasti maata vasten. Konseptin lisäkehitysideana, pidettiin että saisiko lukittavan elementin eli kotelon pyöritettyä niin, että sen paikalleen kiristämällä pystyttäisiin päättää nivelen asento. Esimerkiksi kuvassa 36 näkyvä asento saataisiin pidettyä paikallaan mikäli koteloa kierrettäisiin vastapäivään 90 astetta.



Kuva 41: Kuva siipinivelen konseptista. Varsi on tehty lattalevystä johon on tehty yksi kanttaus varren alkupäähän. Varren tukiosassa on polyuretaanipeite. Huomaa muodon neliömäisyys. Vrt kuva 38

Siipinivelen liikkeen lukitus ajateltiin toteutettavan asentorei'illä. Nivelen varressa voisi esimerkiksi niin sanottu möykky jossa on läpivedetty asentoreikä. Nivelä käännettäessä tämä möykky asettuisi tukiosassa kiinteästi olevan "toisen möykyn" tasolle jossa olisi tarvittavien asentojen määrän mukaisesti asentoreikiä. Nivelä kääntäessä varren oma asentoreikä asettuisi jonkin näistä kohdille ja sokka voitaisiin laittaa paikalleen.



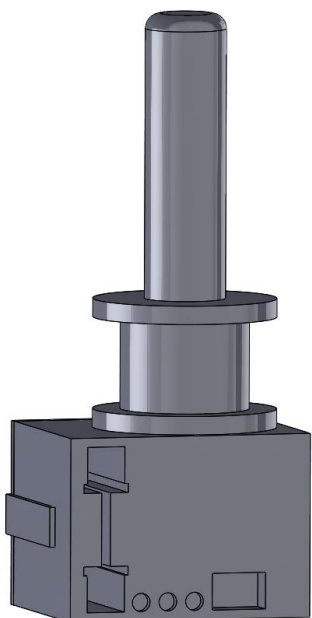
Kuva 42 Siipinivelen konsepti. Kuvassa nähdään akselin olakkeet, jolla pystynivelen säätö voitaisiin toteuttaa. Ajateltiin, että tämä mahdollinen säätö voisi olla hyödyllinen myös siipinivelen konseptissa, joten elementti lisättiin myös tähän konseptiin. Siipinivelen pystysuuntainen akseli, jossa nivelen varsi pyörii, on liitetty vaakasuuntaisen akselin päähän. Tässä konseptissa ei oltu mietitty tarkemmin, miten siipinivel saadaan pidettyä paikallaan.

Itse varsi olisi tehty noin 5mm paksusta alumiinilevystä, joka oltaisiin taitettu noin 40 asteen kulmaan mahdollisimman aikaisin. Itse kaarevuutta, joka oli aikaisemmin ollut konseptissa mukana ei haluttu hakea, sillä kaarevuus ei toisi todennäköisesti muuta hyötyä

kuin esteettisyyttä, sillä kaarevuus ei millään pystyisi seuraamaan, jokaisen käyttäjänsä muotoja täydellisesti, että se kehittäisi jotenkin käyttömukavuutta ei käyttö asennossa.

Jokaisessa konseptissa on käytetty samanlaista ajatusta ohjainkotelon kiinnitykseen. Varren päähän on liitetty kaksi ohjainpalaa (kts kuva 41). Näiden kahden palan ajateltiin tärkeitä ohjaimen lisätueksi sekä sen väljyyden poistamiseksi varren kiinnityksessä. Tarkasti työstetyt ohjaimet, sekä tarkasti työstetyt ohjainkolot kotelossa sopisivat tarkasti keskenään yhteen, joten väljyys olisi minimaalinen, eikä ohjain heiluisi käytössä.

Jos ohjainkotelo vedettäisiin suoraan alumiinilevyn läpi voisi 5mm levyn paksuudessa olla joitain heittoja, jotka aiheuttaisivat pientä väljyyttä ohjaimen asennossa, joka ei edistäisi käyttäjän mukavuutta.

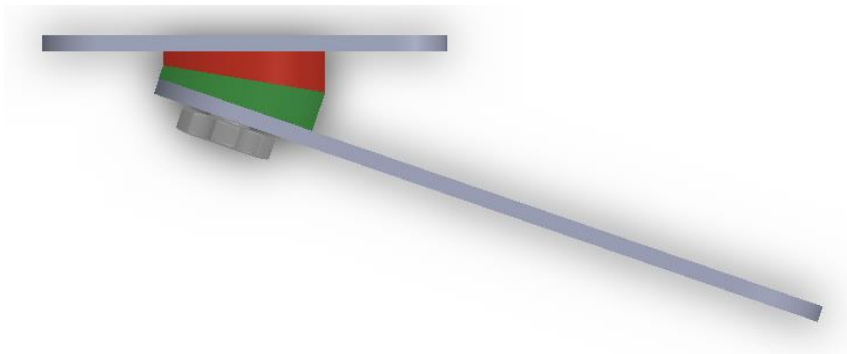


Kuva 43 Kuva ohjainkotelon konseptissa, jossa on työstetty sopivat urat ohjainpaloille. Alla olevat reiät ovat tarkoitus demonstroida mahdolliset LED-valojen sekä hätäseis painikkeen sijoitusta

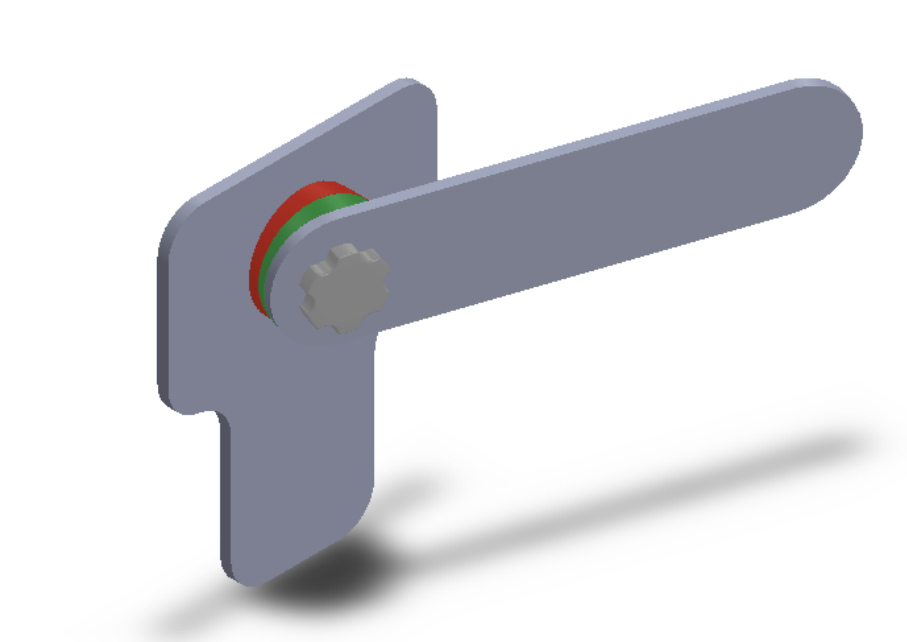
5.2 Säädettyvä nivel

Työn aikana oli tullut selväksi, että sopivaa nivelratkaisua, joka varmasti toimii tässä tapauksessa ei tulla löytämään, joten päätettiin oikoa mutkia ja suunnitella nopeasti ratkaisu säädettyvästä nivelen mallista. Kuvassa 44 ja 45 nähdään periaate, jolla säädettyä niveltä suunniteltiin toteutettavaan muotoon. Säädettyvyys on tarkoitus toteuttaa

kahdella vinopintaisella sylinterimuodolla, jotka tietyssä asennossa asettuvat niin, että ohjainvarsi on vaakasuorassa. Kun vihreätä osaa pyörittää punaista vasten saadaan taittoa ohjainvarren kulmaan suhteessa tukilevyyn, kuten kuvasta 44 näkyy. Korkeussäätö on tarkoitus toteuttaa pyörittämällä punaista osaa vanerilevyä vasten niin että vihreän ja punaisen suhde toisiinsa ei muutu. Eli toisin sanoen näiden kahden välistä pakettia pyörittämällä saadaan korkeussäätöä.



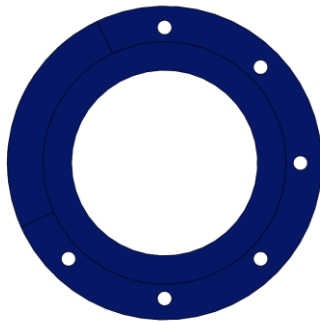
Kuva 44 Ehdotetun säätönivelen hahmotelma ylhäältä päin katsottuna. Punainen sylinterimuoto kiinnittyisi vanerilevyyn, jonka olisi tarkoitus kiinnittyä käyttäjän lantiota vasten. Vihreä sylinterimuoto kiinnitettäisiin punaista sylinterimuotoa vasten. Vihreään sylinterimuotoon kiinnitettäisiin itse nivelen varsi. Punaista tai vihreätä sylinterimuotoa pyörittämällä saataisiin kulmasäätöä varren asentoon.



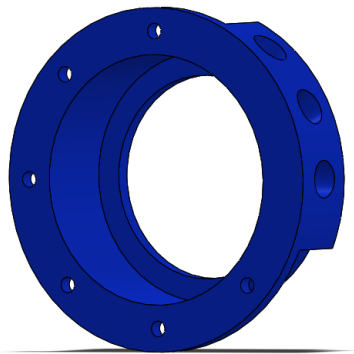
Kuva 45 Ehdotetun säätönivelen hahmotelma.



Kuva 46 Kiinnike



Kuva 47 Kiinnike

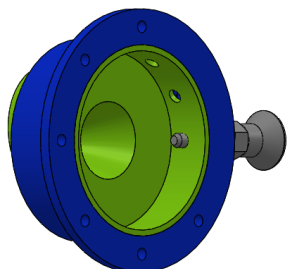


Kuva 48 Kiinnike

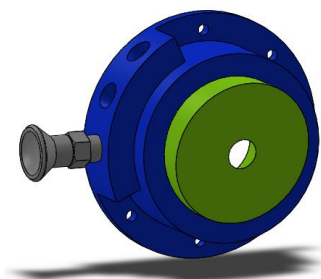
Suunnittelun alkuvaiheessa haluttiin miettiä ensimmäiseksi, miten ylempänä puhuttu paketti kiinnitetään vyötäröön asettuvaan tukilevyyn. Koska paketin täytyy kyetä pyörimään ohjainvarren korkeussäädön takia, ajateltiin seuraavaa ratkaisua.

Kiinnike, joka näkyy useissa kuvakulmissa kuvissa 46, 47 ja 48 on tarkoitus kiinnittää tukilevyyn. Kiinnikkeen tarkoituksena on pysäyttää ensimmäinen sylinterimuoto sisäänsä

niin että se silti pääsee pyörimään kiinnikkeen sisällä. Sylinterimuoto nähdään paremmin kuvassa 52 ja näiden kahden välinen kokoonpano nähdään kuvissa 49, 50 ja 51. Kiinnike kiinnitetään tukevaan levyyn pulteilla, jotka vedetään rei'istä, jotka näkyvät paremmin kuvasta 47. Kiinnitystä ennen on ensimmäinen sylinterimuoto työnnetty kiinnikkeen sisään. (Kuvat 49,50,51) Ensimmäinen sylinterimuoto pysähtyy ulokkeidensa avulla kiinnikkeen sisäpintaan. Kun sylinterimuoto on työnnetty kiinnikkeen sisään ja kiinnike kiinnitettynä tukilevyyn lepää sylinterimuoto vasten tukilevyä sekä kiinnikkeen sylinterilaippaa vasten. Näin se ei pysty liikkumaan mihinkään suuntaan ja on tukevasti paikallaan, mutta kykenee silti pyörimään oman akselinsa ympäri. Tässä vaiheessa tulevat oleelliseksi kuvassa 46 näkyvää kolme kierteellistä reikää. Näiden tarkoitus on antaa kolmevaihtoehtoa jousipalautteisen tapin paikoitukselle (kuva 49 ja 50). Kun tappia vedetään taaksepäin, niin se irtaana sylinterimuodossa olevasta asentoreiästä, jolloin se pääsee vapaasti taas pyörimään kiinnikkeen sisällä. Vapauttaessa jousitapin oikeassa kohdassa, palautuu tappi halutun asentoreiän sisään, jolloin sylinterimuoto pysähtyy asemaansa. Jousitapille haluttiin 3 asentoreikää, jotta saataisiin enemmän tarkkuutta korkeussäätöön. Ensimmäisen sylinterimuodon sisällä on taas 5 reikää, joten asento-tarkkuus saadaan 3:en bittiin.



Kuva 49 Kiinnike ja vihreäsylinterimuoto. Kuvassa näkyy sylinterimuodon sisällä olevat asentoreiät.



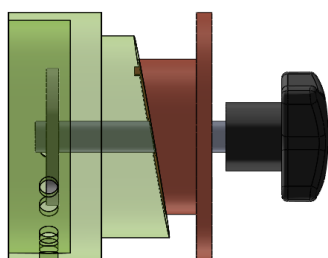
Kuva 50 Kiinnike ja vihreä sylinterimuoto. Kuvassa näkyy kiinnikkeessä olevat 3 asentoreikää johon jousitapin voi asettaa.



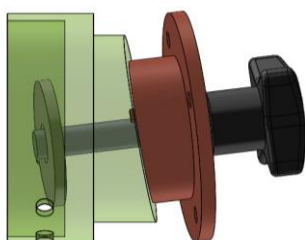
Kuva 51 Kiinnike ja vihreäsylinterimuoto

Huomataan, että ylemmissä kuvissa ensimmäinen sylinterimuoto on pelkistetty malli lo-pullisesta suunnitelmasta ja edustaa aikaisempaa konseptisuunnittelua.

Ensimmäisen sylinterimuodon kiinnityksen jälkeen täytyi miettiä, miten toinen sylinterimuoto saataisiin kiristettyä kiinni ensimmäiseen. Tämä olisi oleellista sillä muuten säädetty asento ei pysyisi paikallaan. Ajateltiin parhaimman tavan olevan ruuvimutteriliitos. Pinnat kiristetään toisiinsa kiinni käsiruuvia kääntämällä. Kuvissa 52 ja 53 voidaan havainnoida pintojen välisen kiinnitystavan.

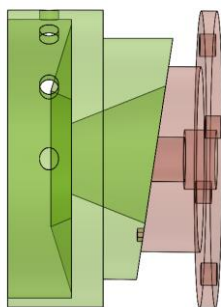


Kuva 52 Vihreä ja punainen sylinterimuoto. Kuvassa näkyvät myös käsiruuvi ja kierretanko, jonka päässä on aluslevy. Mutteria ei ole mallinnettu, mutta se kuuluu olla kierretangon päässä. Kuvan esittämässä asennossa, jos nivelen varsi olisi kiinnitetty punaisen sylinterimuodon ja käsiruuvin väliin olisi varsi täysin suorassa.

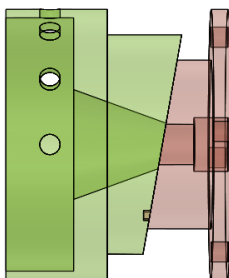


Kuva 53 Vihreä ja punainen sylinterimuoto. Kuvassa punaista sylinterimuotoa on käännetty ja kierretanko on seurannut mukana. Tässä asennossa kääntyisi nivelen varsi punaisen sylinterimuodon mukana. Näin saadaan varrelle kulmasäätöä.

Ongelmaksi syntyi ruuvien liikerata. Kuvassa 53 esitetään mitä tapahtuu kuin toista sylinterimuotoa (punaista) kierretään jompaankumpaan suuntaan. Koska käsiruuvi ja siihen kierretty ruuvi ovat kiinteästi kiinni punaisessa osassa ei niiden välinen kulma muutu ja koska punaisen ja vihreän sylinterimuodon muodostama kulma muuttuu, niin myös ruuvien kulma muuttuu suhteessa vihreään sylinterimuotoon. Eli toisin sanoen yksinkertaisen reiän poraaminen ensimmäiseen muotoon ei ole mahdollista, sillä ruuvi tarvitsee paljon enemmän tilaa liikkuaakseen sen sisällä. Tämän takia ehdotettiin seuraavan laisia ratkaisuja, joita esitellään kuvissa 54 ja 55.



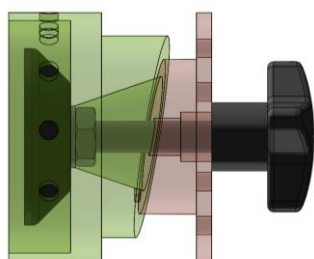
Kuva 54 Vihreä ja punainen sylinterimuoto. Konsepti "Knuckle-Foot". Konseptissa reikä suurenee mitä lähemmäksi punaista sylinterimuotoa mennään



Kuva 55 Vihreä ja punainen sylinterimuoto. Konsepti

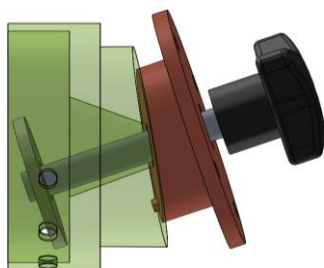
Periaatteena kummassakin toteutuksessa on, että kummassakin on kiinteä piste, joka ei liiku, kun punaista osaa pyörittää myötä tai vastapäivään. Kuvassa 53 näkyvää toteutusta voidaan kutsua Knuckle Foot-toteutukseksi siinä käytettävän komponentin takia, joka näkyy kuvassa 54. Kuvassa 55 nähtävää toteutusta voidaan kutsua mutteritoteutukseksi. Knuckle foot-toteutuksessa kiinteäpiste on vihreän sylinterimuodon ontolla puolella. Toteutuksessa käytetään Knuckle Foot nimistä ostokomponenttia, jota normaalisti käytetään tavallisena jalkana tuotteissa esimerkiksi alumiiniprofiileissa. Knuckle foot

nähdään liitettynä kokonaisuuteen kuvassa 56. Käsiruuvi on kierretty jalan toiseen päähän kiinni. Knuckle foot on toimintaperiaatteeltaan yksinkertainen, ruuvi jonka päässä on pallonivel, on upotettu mustan muoviosan sisään. Näin se pystyy pyörimään ja taittumaan, kun muoviosa pysyy paikallaan. Toisin sanoen muoviosa on tässä toteutuksessa kiintopiste, joka asetetaan ontolle puolelle ja ruuvi työnnetään läpi kuten kuvassa 56 näkyy. Toteutuksessa punaista osaa pyörittämällä ruuvin kulma suhteessa vihreään sylinterimuotoon muuttuu, mutta muoviosa pysyy paikallaan. Koska ruuvi on kiinni punaisessa osassa sekä kiinteästi muoviosassa, tästä aiheutuu ongelma, että ruuvin liikkuessa se vie punaista osaa mukanaan. Esimerkiksi jos osaa pyöritettäisiin vastapäivään kuvassa 56 liikkuisi punainen osa kuvasta katsottuna alaspäin vihreän osan pysyessä paikallaan.



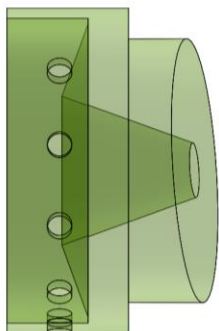
Kuva 56 Konsepti ”Knuckle Foot”. Ostokomponentti Knuckel-foot on liitetty mukaan kokoonpanoon. Tässä nähdään miten suureneva kartion muotoinen reikä antaa tilaa Knuckle-Foot:lle kääntyä, kun punaista sylinterimuotoa käännetään.

Toisessa vaihtoehdossa kiinteä piste olisi jossa ruuvin, vihreän sylinterimuodon ja punaisen sylinterimuodon pinnat kohtaavat. Eli käytetään esimerkkinä kuvia 52 ja 57 ja tehdään niin sanotusti tilaa ruuville kääntyä. Kuten kuvista huomataan, ruuvi pysyy paikallaan vihreän ja punaisen pinnan kosketuskohdassa.

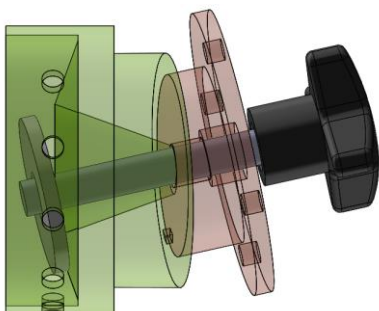


Kuva 57: Kuva havainnollistaa, kuinka vähän kosketuspintaa aluslevylle jää kun ruuville kiristetään sylinterimuodot yhteen. Tässä kuvassa myös havainnollistetaan kuinka kartiomuodon työstäminen sylinterimuodon sisään tuo ruuville tilaa kääntyä, kun punaista sylinterimuotoa kääntää.

Työstettäisiin kartion mallinen reikä sylinterimuotoon samalla tavalla kuin Knuckle foot-toteutuksessa, mutta toisinpäin. Myös tarpeeksi ison sylinterimuotoisen reiän työstäminenkin voisi teoriassa toimia, mutta toteutusta suunnitellessa ajateltiin, että pieni reikä vihreän sylinterimuodon oikealla puolella, jossa ruuvi pystyy juuri ja juuri liikkumaan pitäisi punaisen osan ja siihen kiinnitettävän ohjainvarren paikallaan. Jos reikä olisi suurempi riittäisikö kiristyksestä aiheutuva kitka pitämään sen paikallaan eikä luisuisi vihreää viistopintaa vasten.



Kuva 58 Vihreäsylinterimuoto, johon on lisätty muoto, jonka tarkoitus on lisätä aluslevyn saamaa kosketuspintaa.



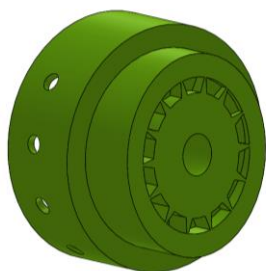
Kuva 59 Havainnollistava kuva, jossa näkyy miten aluslevy saa nyt enemmän kosketuspintaa kiristykselle vihreän sylinterimuodon muokkauksen jälkeen.

Kiristyksessä oli huoli siitä, että kun ruuvia kiristetään paikalleen oikeaan asentoon, onko kuvassa näkyvässä aluslevyllä tarpeeksi kosketuspintaa onnistuneeseen kiristykseen ja hakeutuuko se takaisin normaaliasentoonsa, joka on kuvattu kuvassa 52. Optimaalinen tilanne prikalle on, että kosketuspinta ja ruuvi ovat 90 asteen kulmassa toisistaan. Siksi vihreän sylinterimuodon onton puolen sisään lisättiin kuvassa 58 näky viisto tasanne, jonka tarkoitus on antaa aluslevylle tarpeeksi kosketuspintaa, kun ruuvi on käännetty ääriasentoonsa. Tässä ääriasennossa eli maksimaalisessa kulmassa minkä tällä mekaniismilla saa aikaan on ruuvin ja tämän viistonpinnan välinen kulma 90 astetta. Tällöin

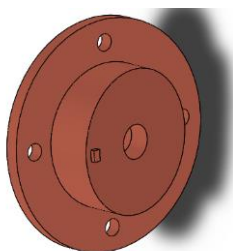
aluslevy saa vähintään puolet pinta-alastaan niin sanottua ”hyvää kosketuspintaa”. Viiste ei jatka kokonaan ontion puolen sisäreunalle vaan varaa on jätetty 5 millimetriä työstöterälle.

Kiristysmenetelmistä riippumatta mekanismin pysyminen asennossaan on vielä kysymysmerkki. Kiristyspintojen välisen kitkan lisäämiseksi voitaisiin lisätä kumpaankin vinopintaan muoviliimalla kumimatto. Tämä voisi olla riittävä ratkaisu tarvittavan kitkan saamiseksi. Varsinkin kun muovimatto painuu kiristäessä vähän kasaan, joka lisää kumpuja ja kumpareita, jotka lisäävät kitkan määrää. Huolenaiheena voi olla kumimaton kuluminen, mutta jos asennon vaihto tapahtuu joka kerta kontaktipinnat erottamalla toisistaan sekä asennon kiristäessä paikalleen punaisen osan luisumatta ei kumimaton kuluminen ole mahdollista. Tämän on helposti testattava käypä vaihtoehto.

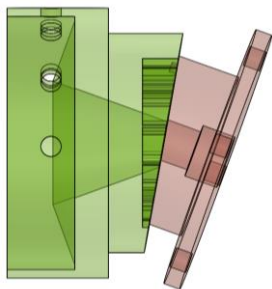
Toisena vaihtoehtona voi olla tietynlaisten urien työstäminen vihreän osan sylinterimuotoon.



Kuva 60 Sylinterimuoto, johon on lisätty urat, joiden tarkoitus on avittaa nivelen lukituksessa, että punainen sylinterimuoto ei pääse luistamaan.



Kuva 61 Punainen sylinterimuoto johon on lisätty pieni olake. Tämä olake on tarkoitus sijoittaa vihreässä sylinterimuodossa sijaitseviin uriin.



Kuva 62: Kuva punaisen ja vihreän sylinterimuodon kokoonpanosta.

Kuvassa 60 näkyy työstetyt ”urat”, jotka tietysti voivat olla muodoltaan erin laisia lopullisessa toteutuksessa sillä perusteella, että se on helppoiten työstää. Tarkoituksena on luoda useita ”asentoja”. Kolot vihreässä sylinterimuodossa edustavat näistä asentoja ja asentoon lukittautuminen edellyttää punaisessa osassa sijaitsevan tapin sijoittamista haluttuun ”asentoon”. Tappi näkyy kuvassa 61. Kiristäessä punaisen osan vihreää vasten eivät ne pääse sivuttaissuunnassa irtomaan. Kun olake on työnnetty asianmukaiseen asentoonsa, ei se pääse pyörimään rajattua asentoaan enempää, koska asennon eli kolon seinämä tulee pyörimisliikkeessä olaketta vastaan ja pysäyttää tämän liikkeen. Näin asento on muotolukitteinen. Tässä tietysti syntyy ongelma, että asennon saaminen ei ole niin tarkkaa. Tarkkuus rajoittuu ”asentojen” eli kolojen määrään ja kuinka pitkät välit seinämillä on.

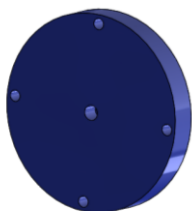
Kummasakin suunnitellussa konseptissa ilmeni ongelma kiristuksen kannalta se, että mikä pitää ruuvia pyörittämisestä. Knuckle foot-toteutuksessa ruuvi kuitenkin pääsee pyörimään vapaasti oman akselinsa ympäri. Mikä estää sen pysymisen paikallaan, että käsiruuvilla saadaan kaksi pintaa kiristettyä.

Mutteritoteutuksessa taas kun, käsiruuvia kiristetään, mikä pitää mutteria toisella puolella kiinni. Ratkaisuna voisi olla, että mutteria pidetään kiinni hylsillä toisesta päästä samaan aikaan, kun käsiruuvia väännetään, mutta tämä tarkoittaa sitä, että nivel täytyy ottaa kokonaan irti tukilevystä. Mutta onko se huono asia. Tarvitseeko nivelen paikkaa säätää usein?

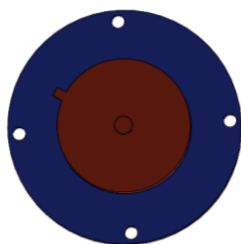
Vaikka edellä mainittuihin ongelmiin olisi varmasti löydetty ratkaisu haluttiin liikkua tässä vaiheessa nopeasti ja etsiä ratkaisua, joka saataisiin implementoitua mahdollisimman nopeasti. Ehdotettiin ratkaisuksi kamerateollisuudessa käytettävien Leveling basen käyttöä. Tällaisesta ostokomponentista saataisiin kaikki haettavat asentomahdollisuudet

sekä lukitusmekanismin. Näin säästyttäisiin hankalalta ja kalliilta työstämiseltä, joka aiheutuisi edellä mainittujen ratkaisujen toteuttamiseen.

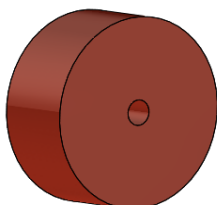
Koska käytettävää leveling base:a ei oltu vielä tässä vaiheessa valittu otettiin konseptisuunnittelun malliksi SIRUI LE-60 leveling base, jonka perusteella konseptisuunnitelman kiinnitykselle toteutettiin.



Kuva 63 Kiinnityslevy, joka kiinnittyy tukivaneriin ja johon itse SIRUI kiinnitetään



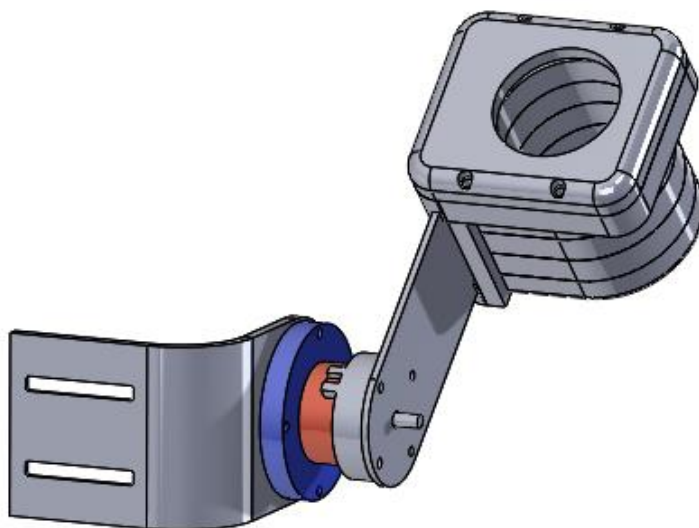
Kuva 64 Kuva kokoonpanosta jossa kiinnityslevy ja SIRUI ovat yhdistettynä. Kuvasta näkyy hyvin SIRUI:n mallinnettu uloke



Kuva 65 Karkea malli, jonka on tarkoitus kuvastaa SIRUI LE-60 ostokomponenttia

Kuvissa 63, 64 ja 65 nähdään pintapuoleinen suunnitelma, miten leveling base saataisiin kiinnittämään nivelen tukilevyyn sekä itse nivelen varteen.

Sininen alustalevy toimisi profiilina, joka kiinnittäisi itse leveling basen tukivaneriin. 4:llä pulttikiinnityksellä profiili saataisiin tukevasti kiinni ja keskelle työstettäisiin sopiva kier-teinen reikä, johon kierrettäisiin kierreruuvi. Sirui LE-60 kiinnitetään kameran kolmijalka-alustaan kiertämällä se alustassa olevaan ruuviin. Näin imitoidaan samaa kiinnitysmetelmää. SIRUI:n alustalevyyn täytyy itse nivelen varsi kiinnittyä tuotteeseen niin, että se ei olisi pelkästään pulttimutteriliitoksen varassa.



Kuva 66 Kokoonpano johon on liitetty mukaan tukivaneri, säätönivelen kokoonpano, nivelen varsi sekä kauko-ohjainkotelo. Kuvassa näkyvästä tukivanerista kerrotaan tarkemmin kappaleessa 4.4

Kuvassa 67 nähdään SIRUI-LE 60 todellisessa muodossaan ja voidaan huomata, että profiilista löytyy uloke, joka on yksinkertaisesti mallinnettu myös kuvassa 64. Tätä uloketta voitaisiin käyttää muotolukitukseen.

Kuvassa 66 näkyy miten varsi ja SIRUI ovat yhdistetty toisiinsa välikappaleella. Tämä välikappale kiinnittyy SIRUI:ssa olevaan kierreruuviin, joka näkyy kuvassa 67. Kuvassa 66 nähdään välikappaleen ulokkeet jotka ympäröivät SIRUI:N oman ulokkeen, joka taas näkyy ympyröitynä kuvassa 66. Tällä tavoin saadaan varmistettua, että jos jostain syystä välikappaleen ja SIRUI:n kierreruuviliitos luistaa antaa muotolukitus pientä varmistusta, että koko nivel ei saman tien rojahda alas. Tällä tavoin rakennelma siis tukeutuu kokonaan SIRUI:n omaan asentolukitukseen.



Kuva 67 Kuva ostokomponentista SIRUI LE-60

5.3 Kauko-ohjainkotelo

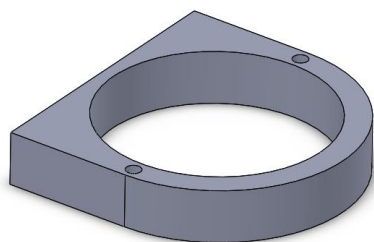
Aiemmin konsepteissa ja malleissa kauko-ohjainkotelo oli mielletty kuution malliseksi osaksi. Palaverissa jossa lyötiin lukkoon, että tuleva nivelmekanismi tulisi olemaan säätävä nivel haluttiin saada myös muita komponentteja eteenpäin. Kauko-ohjaimen kotelo oli näistä olennaisin, koska sen muoto ja kiinnitystapa ohjaimen varteen liittyy luonnollisesti säätönivelen omiin mekaanisiin ominaisuuksiin. Lähtökohtina suunnitteluna olivat, että kotelosta ei haluttaisi kuution mallista esteettisyyden sekä myös siitä syntyvän turhan painon takia.

Tulevan kauko-ohjaimen geometriat muodostivat pohjan kotelolle. Lähdettiin sillä pohjalla, että kotelo tulee täyttämään kokonaan ohjaimen sylinterimuodon sekä ohjaimen laippaa tullaan käyttämään ohjaimen paikalleen kiinnitykseen. Huomioitiin myös, että prototyypissä voidaan käyttää esimerkiksi kauko-ohjaimena vanhoja kauko-ohjaimia. Nämä ohjaimet mahtuisivat suunniteltuihin koloihin, mikäli elektroniikka poistettaisiin ohjaimen alustasta. Koska kyseessä on prototyyppi, täytyi miettiä kotelon muotoja ja osia helpon valmistettavuuden ja halvan hinnan kannalta. Ajateltiin parhaimpien materiaalien valmistukseen olevan alumiini tai tavallinen puuvaneri. Haasteena oli kuitenkin kauko-ohjaimen sylinterimuodon peittäminen.

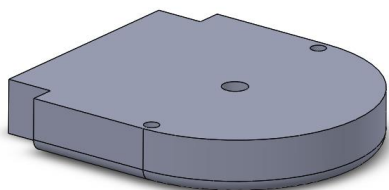
Muoto on pituudeltaan 60mm ja halkaisijaltaan 90mm. Luonnollisesti muodon saisi upotettua helposti piiloon työstämällä alumiiniin näillä mitoilla reiän johon ohjain työnnetään. Kuitenkin niin ison muodon työstäminen alumiiniin voi käydä aikaa vieväksi ja kalliiksi.

Vaneri materiaalina olisi helpompi työstettävänä ja kevyempää materiaalia kuin itse alumiini.

Ongelmaksi kuitenkin ilmenee puuvanerissa, että vanerilevyä ei saa sellaisenaan, että siihen voisi suoraan työstää aiemmin ilmoitetuilla mitoilla reiän. Muoto täytyisi siis kasata useasta palasta ja työstää sen jälkeen siihen kyseinen muoto. Tässä kohtaa pitää olla varma siitä, että kasattu rakenne kestää työstökoneen terän liikettä eikä irtoa liitoksistaan. Tästä syystä parhain ratkaisu olisi tehdä kokonaisuus useasta palasta johon reikä työstetään ja sitten nämä palat liitetään toisiinsa kiinni.



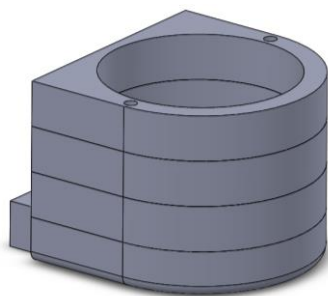
Kuva 68 Vaneriosa, joka ympäröi kauko-ohjaimen sylinterimuodon



Kuva 69: Pohjalevy jossa on läpivedetty reikä kauko-ohjaimen johdolle

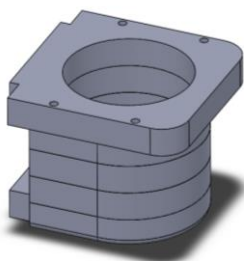
Täytyi valita vanerilevyistä sopiva paksuus, jota tulisi käyttää kotelossa. Päädyttiin 21mm paksuun vanerilevyyn. Näin pystyttäisiin peittämään ohjaimen sylinterimuoto helposti kolmella toisiinsa kiinnitetyllä vanerilevyllä.

Kokonaisuudessa ohjaimeen kiinnittämiseen ja peittämiseen tarvittaisiin kaiken kaikkiaan kuusi 21mm paksuista vanerilevyä. Sylinterimuoto peitettäisiin kolmella vanerilevyllä, joidenka muoto nähdään kuvasta 68. Nämä kokoamalla keskenään ja liittämällä ne pohjalevyyn (kuva 69) saadaan kuvan 70 muoto. Vanerilevyjen reunus on muotoiltu seuraamaan ympyrän kaarta esteettisyyden vuoksi sekä turhan materiaalin poistamisen takia.

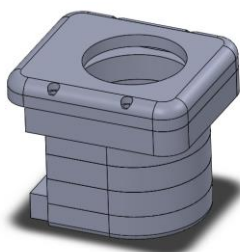


Kuva 70 Vanerilevyjen kokoonpano, jonka tarkoitus on peittää kokonaan kauko-ohjaimen sylinterimuoto, joka näkyy kuvassa 1.

Ajatuksena oli, että ohjain kiinnitettäisiin paikoilleen laippojensa avulla. Joten tarvitaan kaksi pintaa, joiden väliin ohjaimen laippa puristetaan. Kuvassa 71 nähdään vanerilevy, jonka päällä ohjain lepää ja kuvassa 72 päälle on sijoitettu kansi, joka kiristetään 4 ruuvilla kiinni kuvassa 39 nähtyyn vanerilevyyn. Näin ohjaimen laippa on turvallisesti lukittu näiden kahden pinnan väliin.



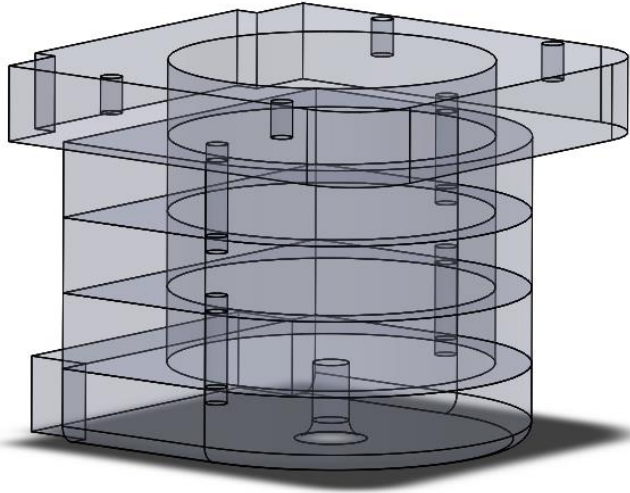
Kuva 71 Tässä vaiheessa kasausta kauko-ohjaimen voi sijoittaa paikalleen



Kuva 72 Kauko-ohjaimen paikoituksen jälkeen sen päälle sijoitettaisiin kiinnityslevy, joka pitäisi kauko-ohjaimen kahden pinnan välillä.

Kaikki edellä mainitut vanerilevyt liitettäisiin toisiinsa liimaamalla sekä puutapeilla, kuten kuvassa 73 näkyy. Vanerilevyyn on porattu puoleen väliin reikä ohjain tapille ja seuraavasta vanerilevystä on vedetty samasta kohtaa reikä kokonaan läpi. Kolmannesta on

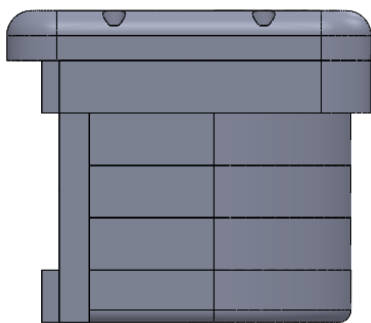
vedetty taas puoleen väliin. Näin yksi ohjaintappi kiinnittää toisiinsa 3 vanerilevyä ja helpottaa niiden liimaamista keskenään, että pinnat eivät irvistä ja reiät ovat keskenään oikeassa kohdassa.



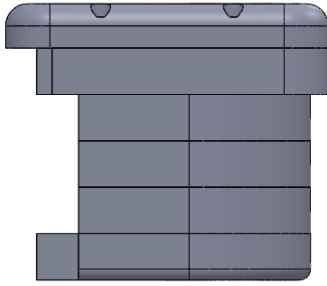
Kuva 73 Kuva kauko-ohjaimen kokoonpanosta läpinäkyvänä josta voidaan nähdä vanerilevyissä sijaitsevat reiät jotka täytettäisiin liimattavilla puutapeilla.

Seuraavana asiana oli itse ohjainvarren liittäminen koteloon. Varren liittämistä varten liisättiin alimpaan vanerilevyyn sekä vanerilevyyn jossa ohjaimen laippa lepää ulokkeet. Nämä näkyvät kuvista 69 ja 71. Niiden tarkoitus selitetään alempana.

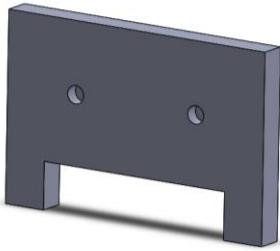
Koska lisätyt ulokkeet ovat keskenään eripituisia ja alkavat eri kohdasta täytyy 3:sta vanerilevystä alkavaa pintaa tuoda eteenpäin uudella levyllä (Kuva 76).



Kuva 74 Kauko-ohjainkotelo lisälevyllä

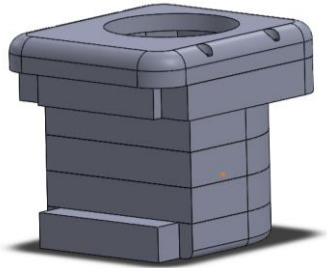


Kuva 75 Kauko-ohjainkotelo ilman lisälevyä

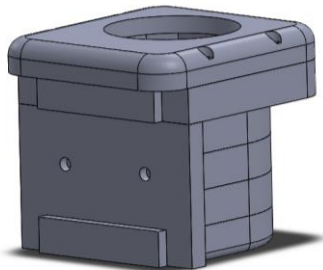


Kuva 76 Lisälevy

Tästä on annettu visuaalista esimerkkiä kuvissa 74 ja 75. Kuvassa 42.1 levyä ei ole vielä lisätty ja kuten näkyy ulokkeet eivät lähde samalta tasolta. Kuvassa 75 levy on lisätty ja kummatkin ulokkeet lähtevät samalta tasolta suhteessa lisättyyn vanerilevyyn, joka näkyy kuvassa 76. Kuvissa 77 ja 78 on näytetty samat tilanteet, kuin kuvissa 74 ja 75, mutta eri kuvakulmasta.

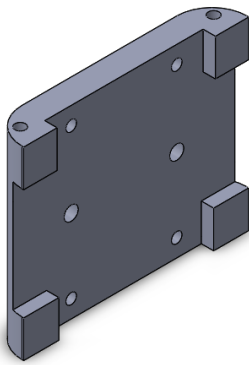


Kuva 77 Kauko-ohjainkotelo ilman lisälevyä

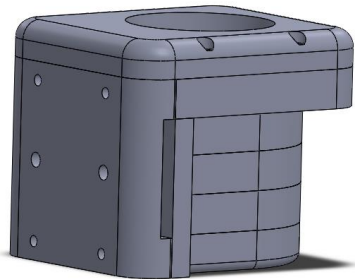


Kuva 78 Kauko-ohjainkotelo lisälevyllä

Nyt kun ulokkeet ovat kaikin puolin samalla tasalla niin voidaan lisätä ulokkeiden väliin nivelen varsi, joka on täsmälleen ylemmän ulokkeen ja alemman ulokkeen mittainen paksuudeltaan. Tämä oli siis perimmäinen tarkoitus uuden levyn lisäämiseksi. Koska ohjaimen varsi ja ulokkeet ovat samanmittaisia tarvitaan enää uusi pinta varren toiselle puolelle puristamaan vartta lisätty vanerilevyä vasten. Puristavan pinnan eli toisin sanoen ”kannen” haluttiin olla esteettinen ja sopivan linjakkaasti muuhun koteloon. Tämän takia seurattiin ulokkeiden muodostavaa profiilia kannen suunnittelussa.



Kuva 79 Kiinnityslevy, joka puristaa nivelen varren kiinnityslevyn ja kauko-ohjainkotelon väliin.



Kuva 80 Valmis kauko-ohjainkotelo

Kuvasta 79 nähdään kannen profiili sisältä päin katsottua ja huomataan että kannen ylä ja ala-osa seuraa profiililtaan ulokkeiden profiilia (vrt. Kuva 75). Kuvassa 80 kansi on paniettu kiinni ja kuten nähdään kansi jättää ohjainvarrelle menevän kolon. Varsi työnnetään kolosta läpi ja varressa olevat olakkeet pysäyttävät sen oikeaan kohtaan koteloa

vasten, jolloin ei tarvitse etsiä oikeata kohtaa kiinnitysruuveille. Kun varsi on kohdillaan, vedetään pultit kiinni kahdesta keskimmäisestä reiästä kannessa.

5.4 Valjaat

Ennen päätöstä siirtyä yksinomaan säädettävän nivelen kehitykseen leikiteltiin ajatuksella käyttää valmista valjaskokonaisuutta. Ehdotuksina pyöriteltiin armeijan käyttämiä taisteluliivi kokonaisuuksia, työkaluvöitä ja niihin liitettäviä valjaita tai metsurien käytössä olevia raivausvaljaita.

Armeijan käyttämissä taisteluliiveissä oli selvästi suurena plussana niiden kyky suurien painojen kantamiseen pitkillä ajanjaksoilla. Ergonomisuus taisteluliivien käytössä toisi varmasti mielekkyyttä ohjainvaljaiden käyttöön.

Työmiehen työkaluvöissä voidaan pitää etuna joidenkin tuotteiden jämakkyttä ja joitakin olemassa olevia nahkavyötukia, jotka tuovat hyvää tukea selälle/kyljelle, mutta ne eivät itsessään tuo mitään uutta, mitä modulaariset taisteluliivit ja vyöt voivat tuoda.

Parhaimpia ehdotuksia valmiille valjaskokonaisuudelle oli varmasti raivausvaljaiden käyttö, jotka on juurikin suunniteltu metsässä käyttöön pitkällä aikavälillä sekä kohtuullisen suurilla painoilla, jos käytetään esimerkkinä, että valjaiden on suunniteltu antavan riittävä ergonominen tuki raivaussahan käytölle.

Sopivaa raivausvaljasta käyttötarkoitukseen etsittiin ja käytettiin lähteen metsälehdessä artikkelia (Lähde 3), jossa vertailtiin 3:a suositumpaa raivausvaljas merkkiä ja näiden nykyistä uusinta mallistoa. 2 mallia pääsivät rinta rinnan ja ovat parhaita vaihtoehtoja riippuen mitä käyttäjä hakee valjaistaan. Husqvarnan Balance XT on valjas markkinoiden kalleimasta päästä, mutta peittoaa kaikki muut säädettävyydellään ja ergonomisuudellaan. Dolmarin valjaat taas ovat puolet halvemmat kuin Husqvarnan ja isona plussana ovat jämäkät valjas remmit sekä iso ja tukeva selkälevy

Isot tukevat selkälevyt jokaisessa tuotteessa ja tukevat ergonomiset liivit tuovat tärkeimmät ominaisuudet esiin, joita ohjainvaljaita käyttävä työntekijä tarvitsee. Asiakasyrityksellä olikin ollut aikaisemmin käytössä hieman muokattu Husqvarna Balance XT-raivaus-

valjas, joka oli toiminut kyseiseen tarkoitukseen paremman puutteessa. Ongelmaksi ehdotuksessa, kuten muissakin ylhäällä mainituissa ilmenee, miten nivel saadaan tukevasti kiinni valjaisiin, että se ei heilu suuntaan tai toiseen. Täytyi myös miettiä saadaanko olemassa olevien valjaiden käytöstä niin suurta hyötyä esimerkiksi kustannuksien kannalta, että ratkaisun väkinäinen liittäminen olemassa olevaan ostotuotteeseen on kannattavaa.

Tukinivelen kiinnitystavaksi valmiiseen ostokomponenttiin ehdotettiin, että tukiosa, johon nivel sekä vyö kiinnittyvät, olisi jostain kohdilta ontto tai sen sivulla olisi vyökiinnitykseen tarkoitettu klipsi. Tällä tavoin tukiosa ja valjaissa käytetty vyö saataisiin yhdistettyä helposti, eikä komplekseja rakenteita tarvittaisi. Ongelmaksi tietysti ilmenee, että nivelen, sekä käyttäjän käden tuoma yhteispaino, joka varmasti jollain tavalla vääntää vyötä eikä pelkkä vyö, vaikka se olisikin erittäin paksu nahkavyö anna tarvittavaa stabiilia tukea käyttäjälle. Ehdotettiin konseptiin, että tukiosaa pidennettäisiin käyttäjän reittä pitkin. Tällöin mahdollisessa kippaustilanteessa käyttäjän sivulle päin nivelen tukiosa saisi tukea käyttäjän reidestä. Tukiosa voitaisiin tehdä esimerkiksi POM-muovista, joka on ominaisuuksiltaan erittäin kovaa ja eritoten helposti työstettävää. Lattaprofiilit ovat halpoja ja helposti saatavia. Käyttäjälle pelkkä POM-muovin käyttö ilman päällistä voisi olla epä-mukavaa, jos se hankaa reittä pitkin, joten jonkinlaisen päällysteen käyttäminen olisi suotavaa. Tietysti se ei ole pakollista prototyyppi vaiheessa, jossa vasta testataan konseptin toimivuutta. Mutta jos päällystettä käytetään, voitaisiin se peittää polyuretaani peitteellä, joka antaisi sopivaa pehmikettä reittä vasten. Peite voitaisiin esimerkiksi ruiskupuristaa ruiskupuristuskoneella ja se voisi olla tyypiltään sukkamainen, joka peittäisi osittain tukiosan. Ruiskupuristus muottien teettäminen kuitenkin maksaa halvaltakin ns ”prototyyppimuotilta” noin 10 000 euron luokkaa. Järkevintä testaukseen olisi käyttää suojana esimerkiksi tavallista solumuovia, joka liimattaisiin muoviliimalla tukiosaan, jotta se lepäisi käyttäjän reittä vasten.

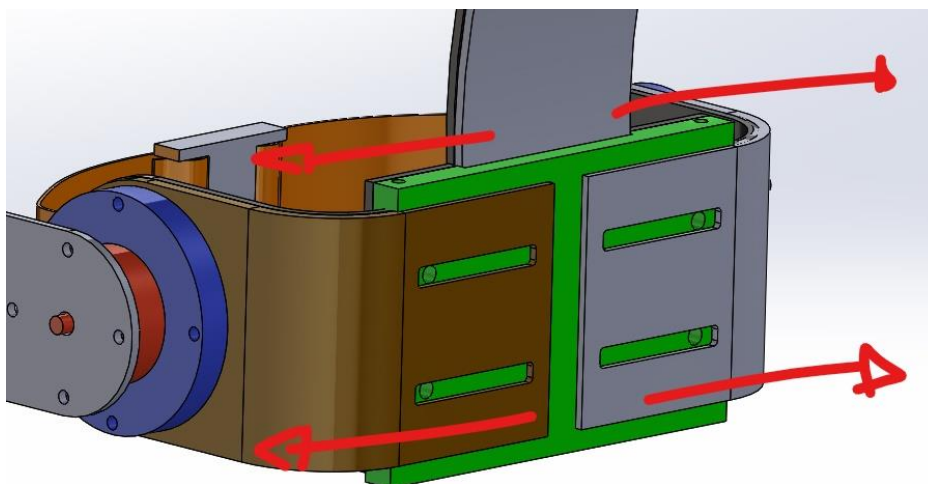
Vaikka nivelen saisi tällä tavoin tukevasti kiinnitettyä liiviin tulee säätäminen käyttäjän oikeille mitoille todennäköisesti ongelmaksi. Jos nivel on kiinteästi tietyssä kohtaa liiviä tai siinä kiinni olevaa vyötä ilman säätömahdollisuuksia, tulee sen paikka määrittymään pelkästään käyttäjän vyötärön leveyden perusteella. Nivel voi jäädä liian taakse tai liian eteen. Ratkaisuna voidaan pitää nivelen paikan siirrettävyyttä juuri aikaisemmin mainitulla vyöklipsillä tai ontolle tukiosalla, jossa vyö liikkuu vapaasti, kunnes se kiristetään paikalleen. Tämä ratkaisu voi kuitenkin olla epämiellyttävä käyttäjälle. Onko nivelen siirtäminen helppoa? täytyykö liivi ottaa kokonaan irti ja siirtää nivelen paikkaa ja pukea uudestaan päälle ja toistaa taas samat askeleet, jos paikka ei ole vielä sopiva. Nivel

tulisi olla aina lantion sivulla puettaessa riippumatta, kuka sitä käyttää. Silloin mahdollinen säätö tapahtuu ainoastaan sen takia, että saadaan valjaat oikealle vyötärön leveydelle.

Ratkaisuna voisi toimia kokonaisuus jossa nivelen paikka pituussuunnassa on vakio ja säädetään vain kahden nivelen etäisyyttä toisistaan. Tällöin onnistutaan säätämään valjaita pelkästään käyttäjän vyötärön leveyden perusteella, eikä muita sivuvaikutuksia synny. Näin pysyy nivel oikealla paikalla, eikä se osoita vinoon niin kuin edellisissä esimerkeissä. Ratkaisu toteutettaisiin kahdella levyllä, johon nivelet kiinnitetään, joiden etäisyyttä toisistaan säädetään kolmannessa osassa olevilla urilla

Ehdotettiin, että nivelentuki tehtäisiin lämpömuovattavasta UPM-Grada vanerilevystä (Lähde 2). Vanerille tehtäisiin sopiva muotti ja taitettaisiin 90 asteen kulmaan. Tukivanerin muoto voidaan nähdä paremmin kuvassa 66

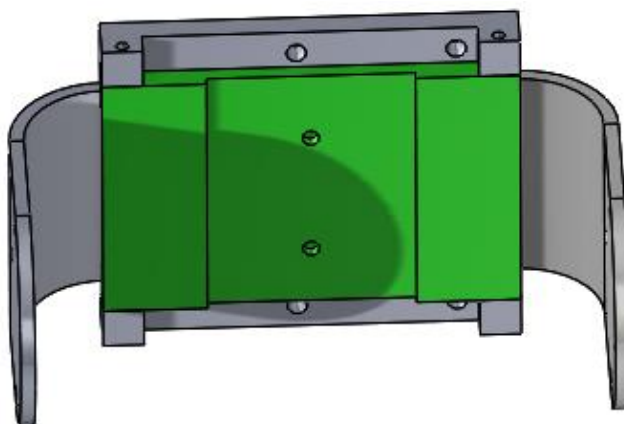
Jotta nivelentukien etäisyyksien säätäminen toisistaan käyttäjän vyötärön leveyden mukaan onnistuisi, nivelen tuissa olisi läpivedetyt urat joiden avulla voitaisiin levyt kiinnittää prikalla ja mutterilla eri asentoihin. Niveluissa olisi ulokkeet, jotka liikkuisivat vihreän uralevyn sisällä. Näin ne antaisivat tukea kippaamisella ja pitäisivät niveltuen helpommin paikallaan sitä kiristäessä kiinni.



Kuva 81 Havainnollistava kuva tukivanerien säätämisestä.

Kuvassa 81 on paremmin havainnollistettu idean ajatus. Uralevy(vihreä) johon kummatkin tukilevyt kiinnitetään ruuveilla (ruskea ja harmaa) pystyvät liikkumaan uralevyn uria pitkin ääriasennosta ääriasentoon punaisten nuolien havainnollistamaan suuntaan. Kun oikea asento on löytynyt, kiristetään levyt paikalleen kahdella ruuvilla per levy. Minimileveys säädölle, otettiin aiemmasta mittauksesta, jossa tutkittiin ihmisten vyötärön leveyden keskiarvoa. Otettiin minimileveydeksi tutkimuksen alin raja-arvo eli 30 senttimetriä. Kummankin tukivanerin läpilyödyt urat mahdollistavat 18 senttimetrin säädön yhteensä. Eli 9 senttimetriä per puoli.

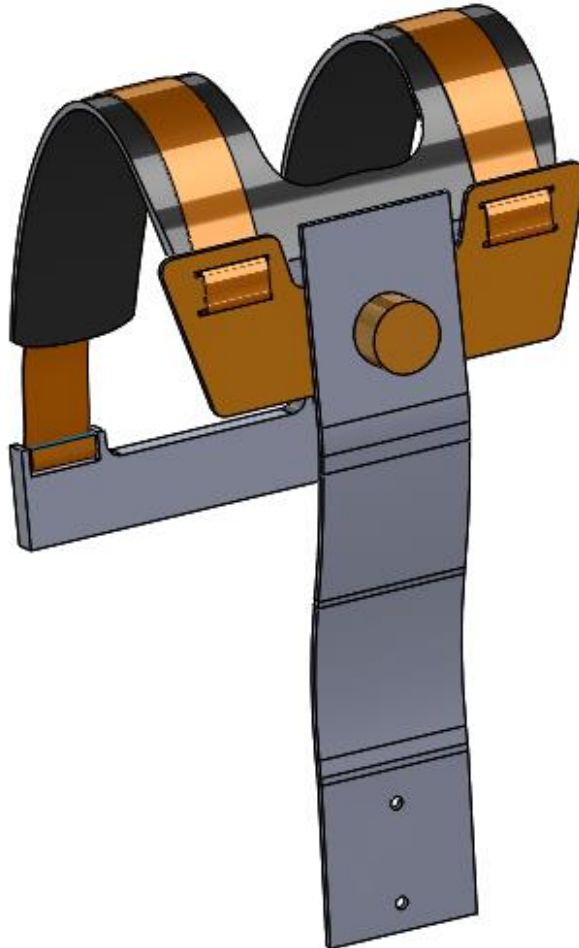
Uralevy johon nivelentuet sijoitetaan, kiinnitettäisiin käyttäjän selälle tukea antavaan selkälevyyn. Selkälevy muovattaisiin niveltukien tapaan lämpömuovattavasta vanerista. Selkälevy olkaremmien kanssa nähdään kuvassa 83. Selkälevyn muodolla yritetään imitoida jo olemassa olevien Husqvarna Balance XT valjaiden muotoa. Tiedostetaan, että mitat eivät todennäköisesti tule osumaan kohdalleen selkälevyn kohdalla ainakaan sen selän tukevuuden puolesta, mutta prototyypin kohdalla täydellisen selkälevyn määrittäminen ei ole olennaista kokonaisuudelle. Selkälevy ja uralevy liitettäisiin toisiinsa kahdella ruuvilla. Ruuvien reiät uralevyssä näkyvät kuvassa 82



Kuva 82 Selän tukilevy kiinnitettäisiin kahden ruuvien avulla vihreään selkäosaan. Selkäosassa on syvennys selkälevylle, jotta selkälevyn kiinnittämisen jälkeen tähän saadaan tasainen pinta.

Uralevy johon nivelentuet sijoitetaan, kiinnitettäisiin käyttäjän selälle tukea antavaan selkälevyyn. Selkälevy muovattaisiin niveltukien tapaan lämpömuovattavasta vanerista. Selkälevy olkaremmien kanssa nähdään kuvassa 83. Selkälevyn muodolla yritetään imitoida jo olemassa olevien Husqvarna Balance XT valjaiden muotoa. Tiedostetaan, että mitat eivät todennäköisesti tule osumaan kohdalleen selkälevyn kohdalla ainakaan sen

selän tukevuuden puolesta, mutta prototyypin kohdalla täydellisen selkälevyn määrittäminen ei ole olennaista kokonaisuudelle. Selkälevy ja uralevy liitettäisiin toisiinsa kahdella ruuvilla. Ruuvien reiät uralevyssä näkyvät kuvassa 82



Kuva 83 Kuva vanerista muotoillusta selkälevystä johon on kiinnitetty raivausvaljaiden olkaremmit.

Ajateltiin, että olisi järkevintä integroida jo olemassa olevat valjaat kokonaisuuteen. Kuvassa 83 näkyy, miten lopulta olemassa olevat valjaat integroitiin uuteen selkälevyyn. Uuteen mallinnettuun selkälevyyn olisi tarkoitus työstää saman kaltaiset urat, kuten olemassa olevien valjaiden selkälevyssä. Tällä tavoin voidaan käyttää samanlaista kiinnitysmenetelmää, kuten alkuperäisissä valjaissa.



Kuva 84 Kuvassa on havainnollistettu miten olemassa olevien valjaiden olkaremmien kiinnityslevyn lukitusmekanismi toimii.

Kuvassa 84 nähdään lukitusmenetelmän toiminta periaate. Kun paininta painitaan nuolen suuntaisesti alaspäin, pääsee oranssi kiinnityslevy pyörimään selkävyn urissa vapaasti jolloin olkaimet voi irrottaa selkävystä.



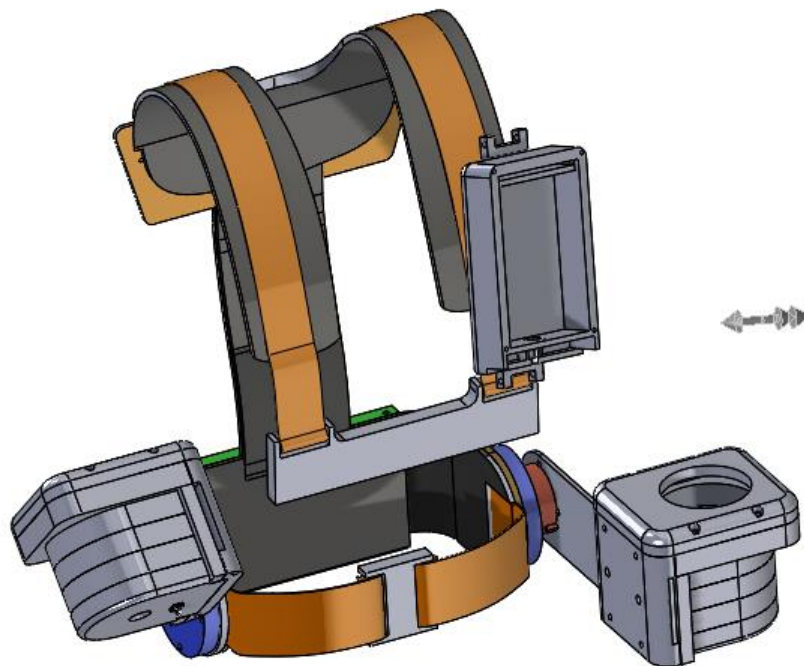
Kuva 85 Kuvassa on havainnollistettu miten olemassa olevien valjaiden olkaremmien kiinnityslevyn lukitusmekanismi toimii

Kuvassa 85 on havainnollistettu paremmin selkälevyn ja kiinnityslevyn irrotusmenetelmää. Kiinnityslevyn ulokkeen ja selkälevyn kolon täytyvät kohdata jolloin kiinnityslevyn saa pois selkälevystä. Tämä onnistuu vain painamalla kiinnityslevyssä sijaitsevaa painiketta. Tätä samaa periaatetta käyttämällä voidaan toteuttaa sama kiinnitystapa uuteen selkälevyyn työstämällä selkälevyn saman lainen uramuoto. Sen ei tarvitse olla toleransseiltaan tarkka, kunhan kiinnityslevy vain pysyy paikallaan.

Tällä tavoin vanhoja olkaremmejä ei tarvitse muuttaa eikä niiden kiinnitystä selkälevyyn tarvitse miettiä sen enempää.

Jotta valjas pysyisi käyttäjän päällä on olkaremmat yhdistettävä vyötärön koviin osiin.

Kuvassa 86 nähdään mock up-mallinnus olemassa olevista olkaremmista ja siinä kiinni olevasta muoviosasta, joka näkyy oikeassa muodossaan kuvassa 87.

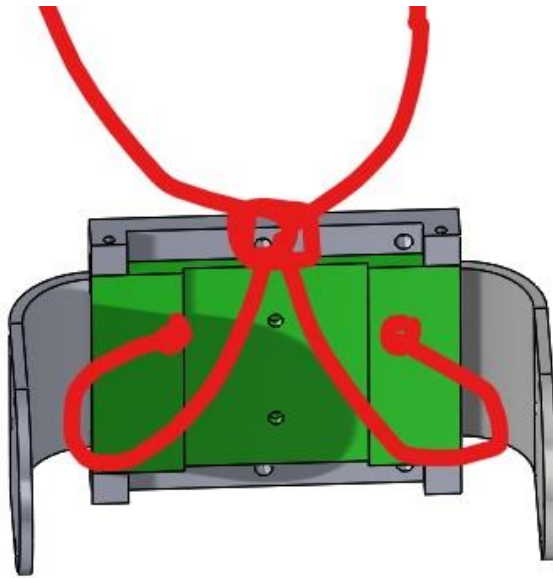


Kuva 86 Kuva Proto 1.0 versiosta, johon on lisätty kaikki suunnitellut komponentit lopullisessa muodossaan.



Kuva 87 Olkaremmien yhdistävä muoviosa, joka näkyy mallinnettuna kuvassa 85.

Kuvassa 86 näkyvä vyötäröllä oleva vyö on tarkoitus havainnollistaa yhtä mahdollista ratkaisua. Voitaisiin ostaa kaksi remmiä kummallekin tukivanerille ja niitata ne vaneriin kiinni. Remmit yhdistettäisiin soljella toisiinsa. Siitä muodostuva vyö voitaisiin esimerkiksi yhdistää olkaremmessä kiinni olevaan muoviosaan, esimerkiksi muodostamalla vanerista muoviosan ympäröivän kokonaisuuden, jossa on sopivat kolot kahdelle remmille, jotka yhdistetään vyötärön remmeihin. Tästä tulisi kuitenkin liikaa tehtävään verrattuna saadun hyödyn määrään.



Kuva 88 Havainnollistava kuva mihin pistevyö olisi tarkoitus kiinnittää vihreässä uralevyssä.

Järkevämpää olisi poistaa muoviosa kokonaan ja jatkaa remmejä vyötäröön asti, mutta koska kiinnityspiste olisi vyötärön kohdalla se ei todennäköisesti ole tarpeeksi stabiili eikä helppoa kiristys/säätö mahdollisuutta ole. Parhain vaihtoehto olisi katkaista olemassa olevien olkaremmien remmit ja liittää niihin 4-pistevyö (kuva 89) tai 6-pistevyö (Kuva 90). Vyön alimmat remmit voitaisiin liittää tukivaneriin tai jopa alaselkälevyyn, jotta vyö ympäröisi käyttäjän koko vyötärön. Jos remmit liitettäisiin tukivanerin päihin niin kuin kuvassa 86 alkaisi vyö ympäröimään käyttäjää vasta vatsan kohdalta. Järkevintä on liittää vyö alaselkälevyyn, kuten kuva 88 havainnollistaa. Jos taas valitaan 6-pistevyö, voitaisiin keskimmäiset remmit kiinnittää niiteillä selkälevyyn



Kuva 89 Kuva 4-piste valjaista



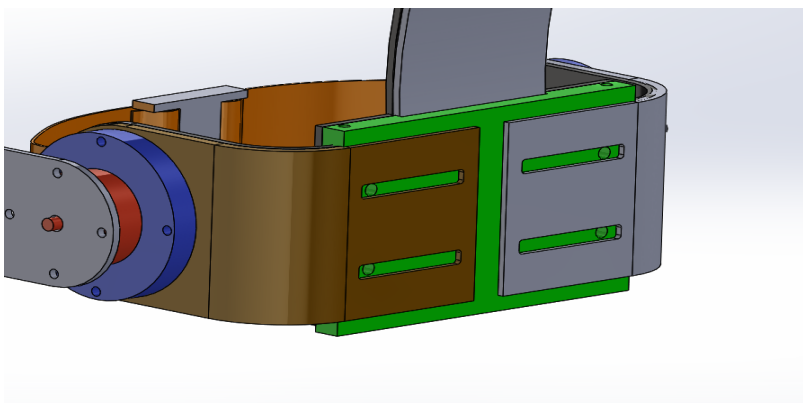
Kuva 90 Kuva 6-piste valjaista

Valjaiden liittämisen jälkeen kovat osat päällystettäisiin käyttäjän puolelta solumuovilla, joka kiinnitettäisiin vaneriosiin yksinkertaisesti liimalla.

5.4.1 Valmiit komponentit

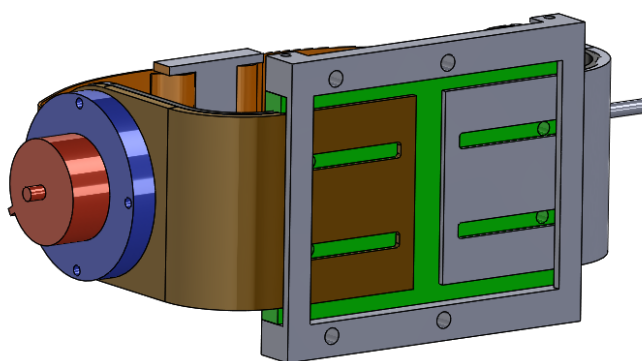
Kauko-ohjaimen käyttöön tarvittavat komponentit täytyi myös jotenkin integroida valjas-kokoinasuuteen. Kauko-ohjaimen käyttöön tarvittiin akku, vastaanotin sekä näyttö, jolla

pystyttäisiin esimerkiksi seurata metsäkoneelta tulevia hälytyksiä. vastaanottimena käytettäisiin Abitron vastaanotinta, josta saatiin tarkata mitat (Lähde 1) mallinnusta varten.



Kuva 91 Tukivanerit liitettynä uralevyyn(vihreä).

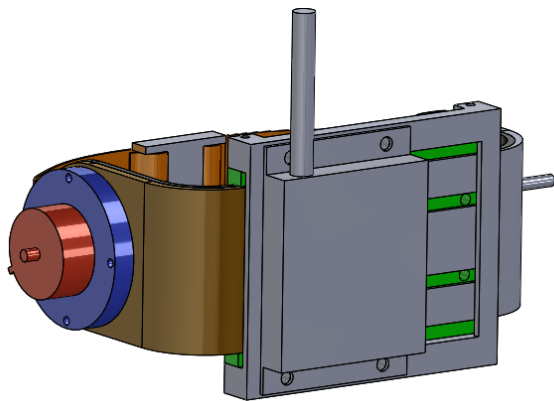
Suunniteltiin alusta, johon sekä akku että Abitron voidaan asettaa ilman uuden tilan luomista ylemmäs. Ylempänä selkävyn kaarevuus alkaa jolloin liittäminen vaikeutuu huomattavasti. Kuvassa 91 vyötärön kokonaisuus on ilman asennus alustaa ja kuvassa 92 asennusalusta on liitetty uralevyyn. Aikaisemmin oltiin ehdotettu solumuovin muovaamista sopivaksi (Liite 3), jotta akku ja vastaanotin voisivat levätä siinä, mutta tämä on prototyypille luontevampi ratkaisu sen nopeuden ja yksinkertaisuuden takia. Koska akulle ei ollut vielä fyysisiä mittoja jouduttiin turvautua yksinkertaiseen laatikkomalliin 180mmx70x30mm mitoilla. Tällä voitiin kuitenkin arvioida akun sopimista kyseiseen ratkaisuun.



Kuva 92 Lisättyä komponenttina alusta johon Abitron ja akku pystyisivät kiinnittymään. Lisätystä komponentista voidaan nähdä ylä- ja alareunassa Abitronin kiinnitysreiät.

Kuvassa 88 näkyy, kuinka alusta on tarkoitus kiinnittää uralevyyn ylhäältä päin kiristettävillä pulteilla. Alusta on samanlainen alhaaltakin, joten samakiinnitystapa löytyy myös

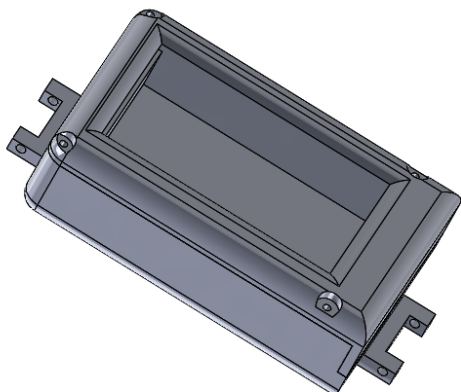
toiselta puolelta, joten kokonaisuudessaan alusta on kiinnitetty uralevyyn 4 pultilla. Koska alustaa ei missään tapauksessa haluta kokonaan irrottaa limittäissäädön aikana jätettiin uralevyn ja alustan väliin pieni rako jonka läpi tukivaneri voi liikkua. Rako voidaan havainnollistaa kuvissa 90 ja 91. Kuvassa 93 Abitron on liitetty kiinni alustaan. Alustan profiilin korkeudessa on otettu huomioon se, että Abitronin pohja ei ota kiinni läpivedettyillä urilla sijaitseviin paikoitusmuttereihin joilla säädetään tukivanerin paikkaa.



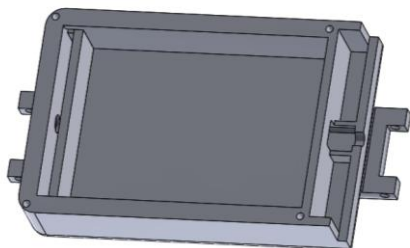
Kuva 93 Abitron liitettynä alustaan.

Akku liitettäisiin Abitronin viereen, mutta kiinnitystapa on vielä auki, sillä tarkkaa akkumallia ei ole tällä hetkellä saatavilla, mutta Abitronin vierestä on varattu tarpeeksi tilaa akulle.

OPUS – A3E:tä oli tarkoitus käyttää näyttönä, mutta huomattiin sen olevan epäsovinnainen tähän tarkoitukseen, sillä johdot lähtivät suoraan sen selkäpuolelta, joka toisi ongelmia, näytön koteloinnissa. Uutta näyttöä alettiin etsimään, mutta näytön koteloinnin konseptisuunnittelussa annettiin käyttää OPUS.- A3E:n mittoja(Lähde 4). Suunnittelulle ei uhrattu paljon aikaa sillä, näytön malli saattaisi muuttua radikaalisti tulevaisuudessa.



Kuva 94 Näyttökotelo



Kuva 95 Näyttökotelo ilman kantta

Kuvissa 94 ja 95 nähdään näyttökotelon yksinkertainen konseptimalli. Laatikko suljetaan yksinkertaisesti neljällä ruuvilla (tiivistys väliin) ja itse näyttö asetettaisiin laatikkoon samalla periaatteella kuin patterit. Työnnetään näyttöä kuvassa 95 näkyvää välilevyä vasten, jolloin sen takana oleva jousi työntyy taaksepäin, jolloin näyttö voidaan asettaa alas paikalleen. johto olisi vedetty jo valmiiksi läpi kuvassa 95 näkyvästä reiästä, joten kun näyttö painetaan alas ja välilevy puristaa sitä seinämää vasten työntyy myös urosjohto kiinni näytön naarasliitäntään.

Näyttökotelo oli tarkoitus liittää kiinni käyttäjän olkaremmiin (kts kuva 86)

5.5 Yhteenveto + kehitysideat

Työn alkuperäisin tavoitteina olivat prototyypin suunnittelu ja mahdollisesti valmistettavien osien työpiirrustusten laatiminen, mutta ajanpuutteen vuoksi maaliin päästiin pelkästään prototyypin osalta. 3D-malli saatiin pääpiirteittäin valmiiksi niiltä osin, mistä voitiin rakentaa varman tiedon pohjalta. Tästä voidaan ottaa esimerkkinä esimerkiksi näytönkotelo tai akun kiinnitys. Kumpaakaan komponenttia ei oltu vielä valittu työn ohessa vaan annettu ohjeellisia mittoja, jota käytettiin konseptisuunnittelussa, joten näiden komponenttien liittäminen kokonaisuuteen on jäänyt tässä työssä pintapuoliselle tasolle. Muista komponenteista päästiin lähelle toteutettavaa vaihetta.

Prototyypin 3D-mallin kokoonpano todennäköisesti kaipaava vielä hienosäätöä ja mittojen varmistamista, jotta voidaan varmistaa lopullisen valmiin kokoonpanon toimiminen luonnossa. Varsinkin jos SIRUI-LE 60 ostokomponenttia ei tulla valitsemaan lopulliseen kokoonpanoon muuttuu nivelen toteutustavat huomattavasti, joten työn tulosta ei voida pitää kiveen hakattuna ratkaisuna vaan suuntaa antavana ohjeistuksena, jonka perusteella voidaan toteuttaa lopullinen prototyyppi halutusta tuotteesta.

Lopulliseksi säätöelementiksi oli valittu työssä kamerateollisuudessa käytettävä Leveling base ostokomponentti. Komponenttia käytetään kameran ja kolmijalkatuen kanssa, jolloin komponentti mahdollistaa kameran kääntämisen vapaasti tiettyyn kulmaan. Tuote on alun perin suunniteltu toimimaan kameroissa, eikä painavissa nivelkokonaisuuksissa. nivelen varren päähän kohdistuva momentti voi olla liian suuri, eikä tuotteen lukitusmenetelmä tule kestäämään ohjaimen, nivelen varren ja käyttäjän kädet aiheuttamaa yhteispainoa. Esimerkiksi SIRUI LE-60, joka kestää kokonaisuudessaan 15 kg:n maksimipainoa (kts. Lähde 1). Tuotelehdessä ei oltu eritelty, että tarkoitetaanko painolla suoraan ylhäältä kohdistuvaa painoa, taikka vääntävää voimaa. Joka tapauksessa 15kg maksimipainon kestävyys tuskin tulee riittämään, sillä jo pelkkä käyttäjän käden äkkinäinen liikahduskin saa aikaan samanlaisen voiman, joskin vain hetkeksi.

Heikosta painonkestävyydestään huolimatta voi kyseinen tuote olla omiaan prototyypin testaukseen, sillä kaikki säätömahdollisuudet ovat saatavilla yhdessä paketissa, jotta kokonaisuus ei romahtaisi ohjainkotelosta aiheutuvasta painosta, voitaisiin ehkä harkita leveling basen liittämistä tavalliseen vanerilevyyn, jonka päässä olisi aiemmin nähty uuden ohjaimen mock-up malli. Näin paino kevenisi kokonaisuudessa huomattavasti. Tällä tavoin päästäisiin testaamaan säätönivelen toiminnallisuutta luonnossa ja pystyttäisiin tarkastelemaan esimerkiksi juuri SIRUI:n lukitusmenetelmän kestävyyttä. Jos tuntuu, että lukitus kestää voi vanerilevyn ja mock-up-mallin tilalle vaihtaa aikaisemmin kuvatut prototyypin elementit.

Jatkokehitystä varten, olisi suotavaa harkita nykyistä ehdotusta Abitronin ja Akun kiinnityksestä. Tässä vaiheessa konsepti vaikutti toimivalta ratkaisulta, jossa välttyttäisiin lisätilan luomiselta kohti yläselkää ja yleensä käyttäjän ergonomisuuden puolesta on suotavampaa, että suurin osa painosta on sijoitettu alaselän tienoille, sillä mitä enemmän painoa ylhäällä on sitä enemmän se rasittaa selkää ja selkärankaa päivän mittaan. Näin voitaisiin hylätä aikaisempi ehdotus solumuovin muotoilemisesta komponenttien pediksi.

Säätönivelen prototyypin testaamisen jälkeen, mikäli huomataan painon olevan liian suuri isommalle leveling baselle, voitaisiin ehkä leikitellä ajatuksella, etsiä paljon kevyempää kauko-ohjain mallia, joka kykenisi hoitamaan samat tehtävät, kuin aikaisemmin valittu Gessmann. Jos painoa saataisiin pudotettua merkittävästi aukenisi nivelen säätömekanismiin paljon uusia vaihtoehtoja, jotka eivät välttämättä tulisi kuuloonkaan kauko-ohjaimen nykyisen painon takia.

Riippuen tietysti tulevasta näyttökotelosta ja sen mallista ja koosta. Mikäli itse kotelossa jo ei ole valmiiksi riittävää IP luokitusta tähän käyttötarkoitukseen olisi suotavaa tehdä kotelointi esimerkiksi nahasta. Nahkakotelon luominen olisi kustannustehokasta ja yksinkertaista. Työstämistä ei tarvitse tehdä esimerkiksi muovi tai alumiiniosille vaan koko kokoonpanon onnistuu tehdä osaava suutari, joka pystyisi liittämään kotelon olemassa oleviin olkaremmeihin vaivatta. Kotelon luominen tyhjästä toisi mietittävää esimerkiksi näytön lukittautumisesta koteloon. Johdotuksien miettiminen ja miten muovi/alumiini kotelon saa liitettyä esimerkiksi juuri olkaremmeihin.

Lähteet

- 1 Abitron. Technical Data Sheet. RX ES-BUS. Viitattu 3.4.2018.

https://www.abitronremote.com/files/Techn_Datenblaetter_EN/Abitron_Technical_Data_Sheet_RX_BUS.pdf

- 2 UPM Grada, 2018. UPM Plywood. Viitattu 3.4.2018.

<https://www.upmgrada.com/>

- 3 Riikilä, Mikko. 2017. Raivaajien remellit syynissä - Raivausvaljaiden valikoima on runsaampi kuin metsäraivaussahojen. Helsingin Sanomat 15.6.2017.
<https://www.metsalehti.fi/artikkelit/raivaajien-remellit-syynissa/>. Luettu 5.4.2018.

- 4 Opus A3e, 2018. Topcon. Viitattu 5.4.2018.

<http://www.topcon-electronics.de/en/products/overview/single-view/product/opus-a3e.html>

Palaverimuistio 1

Palaverimuistio

10.10.2017

Paikka

Rakkatec, Arkadiankatu 23, Helsinki

Paikalla

*Heikki Järvi
Jarkko Valtanen
Wille Sirén*

Päätetyt asiat

- *"Tappi" konsepti erittäin mahdollinen ratkaisu -> viedään eteenpäin*
- *Konseptit "Paketti", "Reppu", "Vyö", "Siipi", "T-ohjain", "Tarjotin", "Keinu", "Kaari" ovat potentiaalisia vaihtoehtoja josta voidaan löytää ratkaisu lo-pulliseen tukimekanismiin*
- *Konseptit "Käsi", "Switch", "Kaappi", "Pihti", "Jeti", "Kelkka" jätetään tässä kehityksestä ulkopuolelle.*
- *Sähköjohtojen toteutusta voidaan miettiä konseptoinnin ohessa*
 - *Esimerkiksi kontaktipinnalla toteutuva kytkeytyminen?*
 - *Sähköjohtoiset tarrat?*
 - *Kytkeytyminen induktio-syöttöjännitteellä?*
- *Tarvitaan reunaehdot nivelen liikeradoille*
- *Rakkateciltä saadaan kuvat käytettävästä kauko-ohjaimesta, jonka perusteella voidaan laskea minimi liikeradat tukinivelelle.*

Palaverimuistio 2

Palaverimuistio

23.10.2017

Paikka

Rakkatec, Arkadiankatu 23, Helsinki

Paikalla

Heikki Järvi
Jarkko Valtanen
Wille Sirén

Päätetyt asiat

- Otetaan mahdollisesti akkuporakoneiden akun kytkennästä mallia ohjaimen kiinnitykseen
- Viimeinen asia, joka käsitellään suunnittelussa, on ohjainten paikoitus, kun ne otetaan irti
- Mikä on tarvittava minimi etäisyys ohjaimelle vartalosta
- Kotelon kiinnityskonseptien eteen vieminen. Miten lukitus tapahtuu
- Pystynivel ja Tarjotin varteenotettavia vaihtoehtoja
 - Pystynivel (1 cm lattalevy)
 - kiinnitetään ohjain kestopagneeteilla?
- Miten nivelen lukitus tapahtuu? Muotosulkeinen lukitus?
- Pienet korvakkeet pois konsepteista. Mahdollisimman robusti.

Palaverimuistio 3

Palaverimuistio

7.11.2017

Paikka

Rakkatec, Arkadiankatu 23, Helsinki

Paikalla

Heikki Järvi
Jarkko Valtanen
Wille Sirén

Päätetyt asiat

- Hylätään "Tarjotin" konsepti. Vie liikaa tilaa
- Pystynivelellä ja Siipinivelellä eteenpäin
- Rakennetaan kummastakin prototyyppi
- Mitoitus kohti rakennetta
- Käytetään irrotettavia eripituisia varsia. Eli ei mahdollisteta säädettävyyttä käytössä.
- Tehdään prototyyppi tavallisesta vanerista ja käytetään tukivyönä painonostovyötä

Palaverimuistio 4

Palaverimuistio

22.12.2017

Paikka

Rakkatec, Arkadiankatu 23, Helsinki

Paikalla

Heikki Järvi
Jarkko Valtanen
Wille Sirén

Päätetyt asiat

- Etsitään sopiva vaatetus. Kesä ja talviaikaan
- Aikaisemmin oli mietitty mahdollisesti, että käytetään pelkästään vyötä toteutuksessa, mutta siirrytään pelkästään valjaisiin
 - Syy: liikaa painoa.
- Etsitään mahdollista valjaskokonaisuutta, jota voitaisiin käyttää toteutuksessa
 - merkkeinä Husqvarna, Steel
- Voidaan pitää mahdollisena ratkaisuna, että siipinivelen voi myös taittaa käyttäjän taakse.
- Ei haluta 90 asteen kulmaa ohjainvarren ja käyttäjän välille. Pieni säätömahdollisuus, että ohjain on kulmassa.
- Mietitään, mitä valjaaseen mahtuu. Tilaa vedelle, kännykälle, tarvikkeet,
- Valjaisiin liitetään antenni, akkukotelo, lähetin
- Ohjainkoteloon varataan tilaa hätäkytkimelle
- Mietitään varren rakenne
 - alumiiniprofiilista?
 - Pystyykö vääntämään tarpeeksi?

Palaverimuistio 5

Palaverimuistio

8.1.2017

Paikka

Rakkatec, Arkadiankatu 23, Helsinki

Paikalla

Heikki Järvi
Jarkko Valtanen
Wille Sirén

Päätetyt asiat

- 3-4 mm alumiinilevystä varsi
- Hylätään taksiaikaa pystynivel, sekä siipinivel
 - Tuleeko poistaitettavuudesta tarvittava hyöty. Käyttäjä todennäköisesti ottaa mieluummin liivin pois, kuin alkaa riisua niveliä
- Hylätään myös täksi aikaa ohjaimen erikseen irrotettavuus. Kotelo mietitään siten, että se kiinnittyy kiinteästi varteen.
- Varren pituuden vaihtelua ei tarvitse, muuta kuin eri pituisia varsia.
- Haetaan niveleen pelkkää hienosäätöä
 - 5-10 asteen kulman vaihtelua, jolla saadaan ohjaimen kulma sopivaksi käyttäjälle
- Toteutetaan säädettävyyttä annetulla esimerkki mallin tapaan, ellei muuta keksitä
- Liivin tukivanerin säädettävyyttä
 - Limittäissäädettävyyttä
- Tehdään tukivaneri UPM-Grada:sta
- Mietitään ohjainkotelon muoto
- Jokaisesta asiasta tavoite saada 1.0 versio
- Näytön kotelointi
 - miten kiinnittyy mihin tulee
- Ei käytetä valmiita valjaita
- Vanerille mahdollisimman loiva kaarevuus
- Akku ja Abitron kiinni solumuovilla → muokataan sopivan malliseksi

Palaverimuistio 6

Palaverimuistio

22.1.2017

Paikka

Rakkatec, Arkadiankatu 23, Helsinki

Paikalla

Heikki Järvi
Jarkko Valtanen
Wille Sirén

Päätetyt asiat

- Solumuovi todennäköisesti antaa tarpeeksi pehmikettä
- Lisätään solumuovi 3D-malliin
- Karkea valjas-malli
- Tiheämpi lukitus-hammastus lukitusmekanismiin
- Kaksi sileää pintaa ei kestä lukituksessa,
 - urat?
 - kumipinta?
 - lukko-prikka systeemi?
- Mahtuuko nykyinen ohjain protokoteloon?

Palaverimuistio 7

Palaverimuistio

2.1.2017

Paikka

Rakkatec, Arkadiankatu 23, Helsinki

Paikalla

Heikki Järvi
Jarkko Valtanen
Wille Sirén

Päätetyt asiat

- Säädetty nivel esitetyssä kokonaisuudessaan liian vaikeasti työstetty
- Esitetään kamerateollisuuden tuotteita vaihtoehtoiseksi kokonaisuudeksi nivelen säädettävyyden ja sen toimivuuden testaukseen.
- Etsitään sopiva Leveling Base
- Mietitään miten remmit olkaremmat ja vyötärössä kulkevat remmit yhdistyvät

Pystynivel				Siipinivel			
Asento				Asento			
Käyttö	Ei Käyttö	Pisteet	Tilanteet	Käyttö	Ei Käyttö	Pisteet	
	Pystynivelen säilytys vie hukkatiiaa, kun niveliä ei saa "pakettiin" (-0.5)	-0.5	Säilytys		Nivelet taittuvat siistiin pakettiin, joka vie vähemmän tilaa(+0.5)	0.5	
	Törröttävät nivelet voivat haitata päälle pukemista(-0.5)	-0.5	Päälle puenta		Ei käyttö asennossa nivelet ovat kiinni yön tasossa, joten ne ovat minimaalisesti tiellä vyötä laitteessa päälle (+0.5)	0.5	
Ohjaimen etäisyys akselipisteestä helposti muokattavissa eripituksilla lattalevyillä tai lattalevyn tehtävillä rei'ityksillä (+1)		1	Oikean asento käyttäjälle	Ohjaimen etäisyyttä akselipisteestä ei voi muuttaa pelkästään kulmaa. Voi olla hankalaa käyttäjille, jotka omaavat keskivertoa pitemmät kädet (kädet pienemässä kulmassa)(-1)		-0.5	
				Ohjaimen asento on helposti muokattavissa (+0.5)			
Kyykistyminen onnistuu, mutta polvista/reisistä ei voi ottaa tukea, koska ohjaimet ovat tiellä (+0.5)	Kyykistyminen onnistuu tiettyyn pisteeseen saakka, kunnes ohjaimen päät ottavat kiinni maahan(riippuu pituudesta) (+0.5)	1	Kyykistyminen	Kyykistyminen onnistuu helposti. Polvistakin voi ottaa tukea sillä ohjaimet voi asettaa kauaksi sivulle (+1)	Kyykistyminen ei onnistu sillä pienikin kulma vatsan ja rintarangan välillä niin ohjain ottaa kiinni (-1)	0	
Onnistuu, mutta kädet eivät ole täysin vapaana edessä tehtävälle työlle (ohjaimet voivat tulla eteen) (+0.5)	Ei onnistu sillä ohjaimet ottavat kiinni (-0.5)	0	Polvistuminen	Onnistuu ja kädet ovat vapaana edessä tehtävälle työlle, kun ohjaimet ovat sivussa (+0.5)	Onnistuu ja kädet ovat vapaana edessä tehtävälle työlle, kun ohjaimet ovat sivussa(+0.5)	1	
Onnistuu, mutta ohjaimet tulevat eteen käsien liikkeelle juoksussa (+0.25)	Onnistuu, mutta ohjainten vakaudesta riippuen ja jalkojen juoksuradan suoruudesta polvet/reidet voivat osua ohjaimiin (+0.25)	0.5	Juokseminen	Onnistuu(+1)	Onnistuu, mutta ohjaimet tulevat pahasti käsien liikkeen eteen juoksussa (-1	0	
Onnistuu (+0.5)	Ei onnistu sillä ohjaimet ottavat kiinni (-0.5)	0	Istuminen (selkä suorana)	Onnistuu (+0.5)	Onnistuu (+0.5)	1	

Onnistuu, mutta kyynäpääät kapealla nojautuville (+0.25)	Ei onnistu sillä ohjaimet ottavat kiinni (-0.5)	-0.25	Istuminen (nojaten)	Onnistuu (+0.5)	Ei onnistu ohjaimet ottavat kiinni (-0.5)	0
Ei onnistu ohjaimet ottavat kiinni/hankaavat tasanteen seinämään (-0.5)	Onnistuu (+1)	0.5	Kurotus korkealle (tasanteelle)	Onnistuu kunhan ei kierreä vartaloa, jolloin ohjaimet osuvat seinämään (+0.25)	Riski ohjainten hankaumisesta tasanteen seinämään on pienempi kuin pystynivelillä, mutta silti olemassa (-0.25)	0
Ei onnistu (-1)	Onnistuu, mutta ohjainten isosta koosta johtuen, on olemassa riski, että sahan terä osuu ohjaimiin. Ohjaintapin pituus on kohtisuoraan reidestä n. 20cm (+0.5)	-0.5	Sahan käyttö	Ei onnistu (-1)	Onnistuu, mutta vartalon kulma mahdollisesti rajoittunutta, kun ohjaimet niin lähellä vartaloa ja ohjaimet isoja(+0.5)	-0.5
Onnistuu, mutta ohjaimet voivat tulla epämiellyttävästi tiellä/rajoittaa etäisyyttä koneesta(+0.5)	Onnistuu(+1)	1.5	Koneen käyttöiilitymän käyttö	Onnistuu, mutta ohjaimet voivat rajoittaa etäisyyttä koneesta (+0.5)	Onnistuu(+1)	1.5
			Spoortaanit huoltotoimenpiteet			
Tiheässä metsässä mahdollinen törmäysriski, jonka sattuessa pystysuunnassa liikkuva nivel ei anna periksi jos se tulee kohtisuoraan akselipistettä kohti, jonka sattuessa törmäysvoima voi olla epämiellyttävä käytäjälle (-1)	Reisien tasolla roikkuvat ohjaimet voivat helposti hankailla metsässä liikkumista, jos ne tarttuvat esimerkiksi kasvillisuuteen (-1)	-2	Liikkuminen tiheässä metsässä	Tiheässä metsässä mahdollinen törmäysriski, jonka sattuessa tasossa liikkuva nivel antaa mahdollisesti periksi, jolloin vältetään suurempaa iskua itse käytäjälle (+1)	Suoraan eteenpäin kävellessä, ohjaimet eivät vie yhtään ylimääräistä tilaa, joka helpottaa navigointia (+1)	3
Ohjaimet ovat hyvin näköetäisyydellä, joten liikkueessa ohjainten paikka voidaan helposti huomioida (+0.5)	Ohjaimet eivät ole käyttäjän näköetäisyydellä, joten niiden sijainnin huomioointaminen liikkueessa hankailla liikkumisen sujuvuutta (-0.5)			Ohjaimet ovat hyvin näköetäisyydellä, joten liikkueessa ohjainten paikka voidaan helposti huomioida (+0.5)	Ohjaimet ovat hyvin näköetäisyydellä, joten liikkueessa ohjainten paikka voidaan helposti huomioida (+0.5)	

Onnistuu, mutta kyvynäppäät kapealla nojautusvyöillä (+0.25)	Ei onnistu sillä ohjaimet ottavat kiinni (-0.5)	-0.25	Istuminen (nojaten)	Onnistuu (+0.5)	Ei onnistu ohjaimet ottavat kiinni (-0.5)	0
Ei onnistu ohjaimet ottavat kiinni/hankaavat tasanteen seinämään (-0.5)	Onnistuu (+1)	0,5	Kuorotus korkealle(tasanteelle)	Onnistuu kunhan ei kierreä vartaloa, jolloin ohjaimet osuvat seinämään (+0.25)	Riski ohjainten hankaamisesta tasanteen seinämään on pienempi kuin pystyivieleillä, mutta silti olemassa (-0.25)	0
Ei onnistu(-1)	Onnistuu, mutta ohjainten isosta koosta johtuen, on oie massa riski, että sahan terä osuu ohjaimeen. Ohjaintapin pituus on kohtisuoraan reidestä n. 20cm (+0.5)	-0,5	Sahan käyttö	Ei onnistu (-1)	Onnistuu, mutta vartalon kulma mahdollisesti rajoitunutta, kun ohjaimet niin lähellä vartaloa ja ohjaimet isoja(+0.5)	-0,5
Onnistuu, mutta ohjaimet voivat tulla epämielilyttävästi tiellä/rajoittaa etäisyyttä koneesta(+0.5)	Onnistuu(+1)	1,5	Koneen käyttöliittymän käyttö	Onnistuu, mutta ohjaimet voivat rajoittaa etäisyyttä koneesta (+0.5)	Onnistuu(+1)	1,5
			Spontaanit huoltotoimenpiteet			
Tihessä metsässä mahdollinen törmäysriski, jonka sattuessa pystysuunnassa liikkuva nivel ei anna periksi jos se tulee kohtisuoraan akselipistettä kohti, jonka sattuessa törmäysvoima voi olla epämielilyttävä käyttäjälle (-1)	Reisien tasolla roikuvat ohjaimet voivat helposti hankaloittaa metsässä liikkumista, jos ne tarttuvat esimerkiksi kasvillisuuteen (-1)	-2	Liikkuminen tihessä metsässä	Tihessä metsässä mahdollinen törmäysriski, jonka sattuessa tasossa liikkuva nivel antaa mahdollisesti periksi, jolloin vältetään suurempaa iskua itse käyttäjälle (+1)	Suoraan eteenpäin kävellessä, ohjaimet eivät vie yhtään ylimääräistä tilaa, joka helpottaa navigointia (+1)	3
Ohjaimet ovat hyvin näköetäisyydellä, joten liikkuessa ohjainten paikka voidaan helposti huomioida (+0.5)	Ohjaimet eivät ole käyttäjän näköetäisyydellä, joten niiden sijainnin huomioinnonminen liikkuessa hankaloittaa liikkumisen sujuvuutta (-0.5)			Ohjaimet ovat hyvin näköetäisyydellä, joten liikkuessa ohjainten paikka voidaan helposti huomioida (+0.5)	Ohjaimet ovat hyvin näköetäisyydellä, joten liikkuessa ohjainten paikka voidaan helposti huomioida (+0.5)	